



Développement des préférences pour la familiarité chez le nourrisson

Fabrice Damon

► To cite this version:

Fabrice Damon. Développement des préférences pour la familiarité chez le nourrisson. Psychologie. Université Grenoble Alpes, 2015. Français. NNT : 2015GREAS033 . tel-01310275

HAL Id: tel-01310275

<https://theses.hal.science/tel-01310275>

Submitted on 2 May 2016

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



THÈSE

Pour obtenir le grade de

DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ DE GRENOBLE

Spécialité : **Sciences cognitives, Psychologie et Neurocognition**

Arrêté ministériel : 7 août 2006

Présentée par

Fabrice DAMON

Thèse dirigée par **Olivier Pascalis** et Co-encadrée par **David Méary**

préparée au sein du **Laboratoire de Psychologie et Neurocognition (CNRS UMR 5105)** et de **l'École Doctorale Ingénierie pour la Santé la Cognition et l'Environnement**

Développement des préférences pour la familiarité chez le nourrisson

Thèse soutenue publiquement le **17/12/2015**,

devant le jury composé de :

M. Denis MARESCHAL

Professeur, University of London, rapporteur

M. Benoist SCHAAL

Directeur de recherche au CNRS, Université de Bourgogne, rapporteur

Mme. Karine MAZENS

Maître de conférences, Université Grenoble-Alpes, présidente du jury

Mme. Bahia GUELLAI

Maître de conférences, Université Paris Ouest Nanterre La Défense, examinateur

M. Olivier PASCALIS

Directeur de recherche au CNRS, Université Grenoble-Alpes, directeur de thèse



RESUME

Le propos de ce travail de thèse est d'examiner le développement de la formation de catégories de visages, par l'étude des préférences visuelles des nourrissons dans la première année de vie. Nous avons cherché à préciser les mécanismes de formation des préférences visuelles en les intégrant dans le cadre théorique développé par Valentine (1991), le *face-space*. Nous avons proposé de lier ces préférences à la manière dont l'expérience perceptive des nourrissons avec différentes catégories de visages va structurer l'espace de représentation des visages. De manière générale, nous avons postulé que les nourrissons présenteront des préférences pour les visages proches de la tendance centrale (i.e., prototype) du *face-space*. Nous avons mis en évidence une tendance des nourrissons de 0 à 6 mois à présenter un biais pour des visages d'adultes par rapport à des visages de nourrissons (Etudes 1 et 2), les premiers correspondant à une catégorie de visages prépondérante de l'environnement des nourrissons, là où les seconds correspondent à une catégorie de visages peu rencontrée. Ce biais pour la familiarité s'est avéré disparaître à 9 et 12 mois (Etude 3). Ces préférences liées à la familiarité pourraient être liées à une forme de fausse reconnaissance du visage des proches des nourrissons, issue de la surreprésentation de ces visages dans le quotidien des nourrissons. Ce pattern de préférences n'a en revanche pas été retrouvé lorsque des nourrissons de 3 à 12 mois ont été confrontés à des visages d'enfants ou de nourrissons (Etudes 4 et 5), les résultats montrant plutôt une préférence pour les visages les moins familiers, relativement à l'expérience des nourrissons. Nous avons ensuite étudié les capacités de catégorisation de nourrissons de 9 et 12 mois pour des visages de différentes catégories d'âges, i.e., adulte, enfant, nourrisson (Etude 6). Les nourrissons de 12 mois ont formé des catégories discrètes des visages d'adulte et de nourrissons d'une part, et d'enfants et de nourrissons d'autre part. Les nourrissons de 9 mois en revanche ont montré un pattern plus asymétrique en ce qu'ils ont formé une représentation des visages d'enfants excluant un nouveau visage de nourrisson, et une représentation des visages de nourrissons incluant un nouveau visage d'enfant. Les nourrissons ayant tous une expérience de la crèche, donc des visages de nourrissons, cette asymétrie pourrait être liée à une influence de la connaissance de cette catégorie de visage. Dans une dernière étude (Etude 7) nous avons cherché à montrer plus directement le lien entre préférences visuelles et proximité par rapport au prototype, chez des nourrissons humains de 12 mois et des nourrissons macaques de 3 mois (*Macaca mulatta*). La mise en évidence de préférences liées à la distance par rapport au prototype chez ces deux populations suggère la présence d'un mécanisme commun aux deux espèces conduisant à la formation de préférences visuelles pour les visages.

Mots-clés : préférences visuelles ; catégorisation ; face-space ; prototype ; nourrissons humains ; nourrissons macaques.

ABSTRACT

The purpose of this work is to examine of the development of face category formation using infants' visual preferences. We investigated the mechanisms leading to differential face preferences by integrating them in the theoretical framework developed by Valentine (1991), the face-space. We proposed that the way perceptual experience shape the structure of the face-space is a determinant of infants' face preferences. We postulated that faces close to the central tendency of the face-space (i.e., prototype) will be preferred. We first reported a bias to look more toward adult faces than infant faces from birth to 6 month of age (Studies 1 and 2). Adult faces correspond to a frequently encountered category while infant faces represent a less frequently encountered category. We also showed a downturn of this familiarity bias as infants grow older (Study 3). The preferences showed by younger infants might be linked to a form of false recognition of the caregivers' faces, due to the massive exposure to these faces. This pattern of preferences was not found in 3-to 12-month-olds presented with child and infant faces (Studies 4 and 5). Conversely, infants showed a tendency to prefer the less familiar faces, depending on their perceptual experience. We then studied 9- and 12-month-olds' abilities to form categories of faces differing by age, i.e., adult, child, and infant faces, (Study 6). Twelve-month-olds formed discrete categories of adult and infant faces in one hand, and of child and infants faces on the other hand. Nine month-olds showed an asymmetric pattern of behavior, forming categories of child faces that exclude a new infant face, and categories of infant faces that include a new child face. All these infants being exposed to infant faces via nursery, the asymmetry might stem from the influence of the knowledge of this category of faces. In the last study (Study 7), we tried to provide more direct evidences of the link between face preferences and the distance from the prototype in two different populations: 12-month-old human infants, and 3-month-old macaque infants (*Macaca mulatta*). Preferences for faces close to the prototype in both species suggest a common mechanism leading to face preferences.

Keywords: visual preferences; categorization; face-space; prototype; human infants; macaque infants.

Remerciements

Je tiens tout d’abord à remercier Olivier Pascalis qui m’a encadré durant ces trois années de thèse. Merci de m’avoir offert ce savant mélange de direction et d’indépendance qui fut propre à créer une atmosphère de travail à la fois sereine et stimulante. Je te remercie aussi de m’avoir emmené aux quatre coins du globe écouter (ou donner) des conférences, de m’avoir fait rencontrer le petit monde de la recherche en développement, et de m’avoir donné l’opportunité de partir tester des nourrissons macaques aux US – ce qui fut une expérience enrichissante au possible. Enfin, je salue ton humour qui n’est pas sans lien avec le plaisir que j’ai eu à travailler au sein de ton équipe. Je remercie également David Méary pour m’avoir sorti de l’enfer de Matlab, et m’avoir patiemment aidé lors de mes errances sur ce logiciel. Je te suis reconnaissant des discussions diverses sur les prototypes, qui ont beaucoup contribué à la forme finale de ce travail.

Je remercie aussi nos collaborateurs étrangers : Paul Quinn (pour ses corrections plus rapides que l’éclair), Kang Lee et Michelle Delaney, pour leurs innombrables relectures et corrections d’articles. Merci à Annika Paukner et Elizabeth Simpson de m’avoir accueilli trois mois à Poolesville pour tester des nourrissons macaques, et merci à Kristen, Michelle et Stefano de leur aide pour tester ces petits bonhommes velus si attachants...

Je tiens aussi à remercier les membres du jury d’avoir bien voulu évaluer ce travail : Denis Mareschal, Benoist Schaal, Bahia Guellai, et Karine Mazens. Merci de vos questions pertinentes et des discussions qui ont suivi, ce fut un réel plaisir.

Je remercie bien évidemment les membres du LPNC, tant permanents que temporaires, dont la chaleur des interactions a largement compensé la relative fraîcheur du bureau 228... Merci en particulier à Françoise, qui m’a guidé au tout début lorsque je n’étais encore qu’un tout bébé chercheur, en M1, et à Stéphane, modèle de chercheur (sans le savoir) de nombre d’entre nous. Merci aux habitants du 222bis et autres aquariums : Brice, Cindy, Chloé, Fanny, Laurie, Loulou, Mélanie, Marcela, Morgane, Nicolas, Nicolas, Pauline, Sabine, Sophie, Thierry, Violette... et bien sûr Lysianne, ma co-bureau, avec qui j’ai partagé toutes les étapes de débilité liées à la rédaction.

Mention spéciale à l’exilé, que l’on dit errer quelque part sur Nantes, un café à la main : Romain. Tu es le suivant sur la liste maintenant, et je suis sûr que tu vas tout casser.

Un grand merci aux membres (passés ou présents) du babylab : Anne, Anne-Raphaëlle, Carole, Célyse, Chloé, David, Eve, Frederique, Hélène, H2b, Laurie, Julie, Marie, Marjorie, Meryem, Sandrine, Valéria, qui ont contribué dans la bonne humeur aux passations, recrutements, codages, et autres activités typiques du babylab. Je remercie bien évidemment les plus de 500 nourrissons – humains et macaques – qui ont bon gré mal gré participé à ces

études, et à leur parents (pour les humains) qui ont bien voulu venir jusqu'au babylab et sans qui ce travail n'aurait pu voir le jour.

Une ronde infinie de mercis à Caro, pour tout ce que tu m'as apporté, tant humainement que scientifiquement (désolé pour la tâche de vin rouge sur ta thèse). Ce fut une joie de m'obstiner à tes côtés, et j'espère bien retourner me piquer les doigts en ramassant les argouses un de ces jours !

Je tiens aussi à remercier ceux avec qui j'ai commencé à construire des meubles avant de construire des théories: Thomas et Matthieu, je regrette de ne pas avoir plus temps à passer en votre compagnie. Merci aussi à Djé et Zuzka (un jour, on trouvera un château) pour tous les bons moments passés ensemble, nourris de bonne bouffe de tous horizons et d'alcools de toutes sortes (le sodabi je pense que c'est toxique quand même).

Je remercie ma famille pour m'avoir soutenu, sans jugements, tout au long de mon parcours parfois bien sinueux qui a fini par m'amener à faire de la recherche en psychologie, et pour avoir toujours cru en moi quels que soient mes choix. Mention sœur ette à Violaine dont le tableau noir et blanc accroché dans ma chambre reste une source d'inspiration.

Enfin, je remercie Tanoh, qui me soutient et me supporte depuis bientôt 10 ans, et qui a vécu (survécu ?) sans broncher ma transformation en misanthrope bougon et irritable durant cet été de rédaction.

Table des matières

RESUME	II
ABSTRACT	III
REMERCIEMENTS	IV
TABLE DES MATIERES	VI
TABLE DES FIGURES.....	XII
LISTE DES ENCARTS	XVII
TABLE DES TABLEAUX.....	XVIII
ABREVIATIONS	XIX
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE 1. PERCEPTION DES VISAGES CHEZ L'ADULTE.....	3
1.1 QUE VOIT-ON DANS UN VISAGE ?.....	3
1.1.1 Le sens des visages	3
1.1.2 Décrire un visage : éléments et configuration	4
1.1.3 Décrire un visage : traitement holistique.....	6
1.1.4 Mais d'où vient l'effet d'inversion ?.....	9
1.2 TRAITEMENT DES VISAGES : SPECIFICITE OU EXPERTISE ?	11
1.2.1 Localisation et spécificité : un détour par la neurophysiologie.....	11
1.2.2 Un effet d'expertise ?.....	15
1.2.3 Perception des visages chez le primate non-humain.....	17
CHAPITRE 2. DEVELOPPEMENT DE LA PERCEPTION DES VISAGES	19
2.1 PREFERENCE SPONTANEE POUR LES VISAGES CHEZ LE NOUVEAU-NE.....	19
2.1.1 Préférence pour les visages : hypothèse sensorielle	19
2.1.2 Préférence pour les visages : hypothèse structurale.....	21
2.1.3 Quelle est la nature de cette représentation initiale ?	23
2.1.4 Biais pour les patterns asymétriques : « top-heavy »	24
2.2 CAPACITES D'APPRENTISSAGE CHEZ LE NOUVEAU-NE.....	26
2.2.1 Préférence pour le visage de la mère.....	26

2.2.2 Apprentissage de visages étrangers	27
2.2.3 Préférence pour les visages attractifs.....	29
2.3 BIAIS INITIAUX ET EXPERIENCE PRECOCE.....	31
2.4 DEVELOPPEMENT DE LA PERCEPTION DES VISAGES DANS LA PREMIERE ANNEE	33
2.4.1 Traitement analytique, configural et holistique chez le nourrisson.....	33
2.4.2 Quels types de stimuli visuels voient les nourrissons ?	34
2.4.3 Asymétries et préférences visuelles	36
2.4.3.1 Espèce.....	36
2.4.3.2 Genre	37
2.4.3.3 Type	38
2.4.3.4 Age.....	39
2.4.3.5 Des interactions entre les préférences	40
2.4.4 Asymétries et traitement des visages : discrimination	41
2.4.4.1 Phénomène d'ajustement perceptif ou « perceptual narrowing »	41
2.4.4.2 Effets d'entraînement.....	43
2.4.5 Asymétries d'exposition et traitement des visages : catégorisation	44
2.4.5.1 Représentation du genre	44
2.4.5.2 Représentation du type	45
2.4.5.3 Représentation de l'attractivité.....	47
2.4.6 Attractivité.....	48
2.4.6.1 Dimorphisme sexuel	48
2.4.6.2 Symétrie	49
2.4.6.3 Typicalité	50
2.4.6.4 L'attractivité comme sous-produit du traitement de l'information	51
CHAPITRE 3. DES VISAGES DANS L'ESPACE	54
3.1 UN ESPACE MULTIDIMENSIONNEL	54
3.1.1 Effet de typicalité/distinctivité des visages.....	55
3.1.2 Effet du type de visage	58
3.1.3 Effet de l'âge des visages.....	62
3.1.3.1 Perception de l'âge.....	62
3.1.3.2 Biais de reconnaissance lié à l'âge.....	64
3.2 UN FACE-SPACE POUR DEUX MODELES	66
3.2.1 Avantage des caricatures	67
3.2.2 Les visages : des points ou des régions ?	68
3.3 DEVELOPPEMENT DU FACE-SPACE	70
3.3.1 Modèle de développement du face-space	71
3.3.2 Ajout et modifications des dimensions : cas de l'ajustement perceptif.....	72
3.3.3 Le face-space pour comprendre les préférences ?	73
PROBLEMATIQUE	77

PARTIE EXPERIMENTALE	78
CHAPITRE 4. METHODE GENERALE ET CONSIDERATIONS METHODOLOGIQUES	79
4.1 ET LES NOURRISSONS PARENT VOIR.....	79
4.1.1 <i>Préférence visuelle</i>	79
4.1.2 <i>Mécanisme d'habituation</i>	80
4.1.3 <i>Discrimination & catégorisation</i>	81
4.2 PROCEDURE DE TEST DES NOURRISSONS HUMAINS (3-12MOIS)	82
4.2.1 <i>Situation de test : Babylab du LPNC</i>	82
4.2.2 <i>Codage des vidéos</i>	84
4.2.3 <i>Mesure du temps de regard à l'aide d'un oculomètre : EyeLink</i>	84
4.2.4 <i>Contrôle des biais visuels ou de positions</i>	85
4.3 PROCEDURE DE TEST DES NOUVEAU-NES HUMAINS (3-5 JOURS)	87
4.3.1 <i>Situation de test : la maternité du CHU de Grenoble</i>	87
4.4 PROCEDURE DE TEST DES NOURRISSONS MACAQUES (<i>MACACA MULATTA</i>)	88
4.4.1 <i>Situation de test : Centre d'éthologie de Poolesville</i>	88
4.4.2 <i>Enregistrement vidéo du temps de regard : Tobii TX300</i>	89
4.4.3 <i>Ajustement des critères de temps de regard</i>	90
CHAPITRE 5. PREFERENCES POUR LES VISAGES D'ADULTES DANS LA PREMIERE ANNEE DE VIE	91
5.1 ETUDE 1. UNE PREFERENCE VISUELLE POUR LES VISAGES D'ADULTES MODULEE PAR LE TYPE DE VISAGE CHEZ LE NOUVEAU-NE	92
5.1.1 <i>Introduction</i>	93
5.1.2 <i>Method</i>	95
5.1.2.1 <i>Participants</i>	95
5.1.2.2 <i>Stimuli</i>	96
5.1.2.3 <i>Procedure</i>	96
5.1.3 <i>Results</i>	97
5.1.4 <i>Discussion</i>	98
5.1.5 <i>Conclusion</i>	100
5.1.6 <i>Acknowledgements</i>	100
<i>Encart 2: Résumé Etude 1</i>	101
5.2 ETUDE 2. UNE PREFERENCE VISUELLE POUR LES VISAGES D'ADULTES MODULEE PAR LE TYPE DE VISAGE A 3 ET 6 MOIS.....	102
5.2.1 <i>Introduction</i>	103
5.2.2 <i>Method</i>	106
5.2.2.1 <i>Participants</i>	106
5.2.2.2 <i>Stimuli</i>	106
5.2.2.3 <i>Procedure</i>	107
5.2.3 <i>Results</i>	107
5.2.4 <i>Discussion</i>	109

5.2.5 Acknowledgements	111
Encart 3: Résumé Etude 2	113
5.3 ETUDE 3. EVOLUTION DES PREFERENCES POUR LES VISAGES D'ADULTES APRES 6 MOIS.....	114
5.3.1 Méthode	114
5.3.1.1 Participants.....	114
5.3.1.2 Matériel et procédure	114
5.3.2 Résultats et discussion.....	115
CHAPITRE 6. TRAITEMENT DES VISAGES DE DIFFERENTES CATEGORIES D'AGES	117
6.1 ETUDE 4. PREFERENCES POUR LES VISAGES D'ENFANTS ET DE NOURRISSONS EN FONCTION DE LA FAMILIARITE CATEGORIELLE OU INDIVIDUELLE.....	119
6.1.1 Introduction	120
Study 1	122
6.1.2 Method.	122
6.1.2.1 Participants.....	122
6.1.2.2 Stimuli.....	123
6.1.2.3 Procedure.	123
6.1.3 Results and discussion	124
Study 2	127
6.1.4 Method.	127
6.1.4.1 Participants.....	127
6.1.4.2 Stimuli.....	128
6.1.4.3 Procedure.	128
6.1.4.4 Data Analyses.	128
6.1.5 Results and Discussion	128
6.1.6 General Discussion.....	130
6.1.7 Acknowledgements	132
Encart 4: Résumé Etude 4.....	133
6.2 ETUDE 5. LES Jumeaux, un cas particulier ?.....	134
6.2.1 Méthode	134
6.2.1.1 Participants.....	134
6.2.1.2 Matériel et procédure	135
6.2.2 Résultats et discussion.....	135
6.3 ETUDE 6. DEVELOPPEMENT DE LA FORMATION DES CATEGORIES D'AGE CHEZ LE NOURRISSON DE 9 ET 12 MOIS.....	138
6.3.1 Introduction	140
Experiment 1	142
6.3.2 Method	142
6.3.2.1 Participants.....	142
6.3.2.2 Stimuli and procedure.	142
6.3.3 Results and Discussion	144

6.3.3.1 Familiarization phase.....	144
6.3.3.2 Test phase.....	145
<i>Experiment 2.....</i>	<i>147</i>
<i>6.3.4 Method</i>	<i>147</i>
6.3.4.1 Participants.....	147
6.3.4.2 Stimuli and procedure.....	147
<i>6.3.5 Results and Discussion</i>	<i>148</i>
6.3.5.1 Familiarization phase.....	148
6.3.5.2 Test phase.....	148
<i>Experiment 3.....</i>	<i>150</i>
<i>6.3.6 Method</i>	<i>151</i>
6.3.6.1 Participants.....	151
6.3.6.2 Stimuli and procedure.....	151
<i>6.3.7 Result and Discussion</i>	<i>151</i>
<i>6.3.8 General Discussion.....</i>	<i>152</i>
<i>6.3.9 Acknowledgements</i>	<i>155</i>
<i>Encart 5: Résumé Etude 6.....</i>	<i>156</i>
 CHAPITRE 7. INVESTIGATION DES PREFERENCES VISUELLES POUR LES VISAGES EN FONCTION DE LA DISTANCE PAR RAPPORT AU PROTOTYPE, CHEZ LE NOURRISSON HUMAIN ET MACAQUE	 157
7.1 ETUDE 7A. NOURRISSON HUMAIN	158
7.1.1 Méthode	159
7.1.1.1 Participants.....	159
7.1.1.2 Matériel et procédure	159
7.1.1.3 Mesure de distance par rapport au prototype	160
7.1.2 Analyse des résultats	162
7.1.2.1 Contribution des mesures de distance et d'attractivité	165
7.2 ETUDE 7B. NOURRISSON MACAQUE	165
7.2.1.1 Participants.....	166
7.2.1.2 Matériel et procédure	167
7.2.1.3 Mesure de distance par rapport au prototype	168
7.2.2 Analyse des résultats	169
7.3 DISCUSSION DES ETUDES 7A ET 7B	171
 DISCUSSION GENERALE	 173
 CHAPITRE 8. DISCUSSION GENERALE, PERSPECTIVES ET CONCLUSION	 174
8.1 SYNTHESE ET DISCUSSION DES RESULTATS PRINCIPAUX.....	175
8.1.1 Evolution des préférences pour les visages d'adultes chez le nourrisson dans la première année...	175
8.1.2 Préférences visuelles pour les visages d'enfants et de nourrissons	177
8.1.3 Développement de la formation de catégories d'âge.....	179

8.1.4 Reconnaissance ou catégorisation ?.....	182
8.1.5 Limitations, perspectives et ouvertures.....	184
8.1.5.1 Typicalité	185
8.1.5.2 Préférences pour les visages d'adultes.....	186
8.1.5.3 Catégorisation	186
CONCLUSION.....	188
RÉFÉRENCES	189
ANNEXE 1 : PUBLICATIONS ET COMMUNICATIONS	224
ANNEXE 2 : FINANCEMENT.....	226

Table des Figures

Figure 1.1: Illustration de l'illusion "Margaret Thatcher", reproduit d'après Thompson (1980)	4
Figure 1.2: Exemples d'éléments (haut), visages entiers (milieu), et visages mélangés (bas) utilisés par Tanaka et Farah (1993).	6
Figure 1.3: Exemple de tâche de visage composite. En (a) et (b) se trouvent les visages originaux. En (c) et (d) se trouvent les visages composites, respectivement avec les demi visages alignés et non alignés. La partie haute du visage (a) est associée avec la partie basse du visage (b). Adapté depuis Lee et al., 2011	7
Figure 1.4: Corbeille de fruits (image inversée à gauche, à l'endroit à droite) par Giuseppe Arcimboldo (1590).	9
Figure 1.5: Régions répondant spécifiquement aux visages, contrasté avec des objets (a), des visages mélangés (b), ou des maisons (c), reproduit depuis Kanwisher et al. (1997).	12
Figure 1.6: Modèle neurophysiologique du système de traitement des visages proposé par Haxby et al. (2000). Du haut vers le bas, cortex "déroulé" pour obtenir une carte d'activation plane. Adapté d'après Haxby et al. (2000)	13
Figure 1.7: Liens fonctionnels du système de traitement des visages, adapté depuis Haxby et al. (2000)	14
Figure 2.1: Images issues de simulation robotique. (a) Stimulus visage, (b) champ visuels superposés provenant des deux lentilles du robot, (c) carte de saillance globale, la zone de chevauchement des yeux est amplifiée (le cercle rouge représente la zone de plus forte saillance de l'image). Reproduit depuis Wilkinson et al. (2014)	21
Figure 2.2: Respectivement de gauche à droite: visage, configuration, linéaire et mélangé. Notons que « visage » correspond toutefois à un visage schématique et non à une photographie. Reproduit d'après Morton et Johnson (1991)	23
Figure 2.3: Patterns asymétriques avec plus d'éléments dans leur moitié haute (rangée du haut) ou basse (rangée du bas), les items préférés sont en haut. Reproduit depuis Macchi Cassia et al. (2004).	25
Figure 2.4: Visages sans traits externes (a) et sans traits internes (b), le visage de gauche correspond au stimulus de la phase d'habituation, les deux autres visages correspondent aux stimuli de la phase de test. Adapté depuis Turati et al. (2006).	28

Figure 2.5: (a) Habituation à un visage puis test avec des visages n'ayant que les traits internes, (b) habituation à un visage puis test avec des visages n'ayant que les traits externes. Adapté depuis Turati et al. (2006).....	28
Figure 2.6: Exemple de prototype créé à partir de 2, 4, 8, 16 ou 32 visages d'adultes féminins européens. Adapté depuis https://labs.la.utexas.edu/langloislab/face-perception/the-beauty-of-averageness/	29
Figure 2.7: Nourrisson de trois mois portant la caméra sur son front, cette dernière étant dans l'un des "yeux" du visage souriant afin d'être placé au plus proche des yeux du nourrisson. Reproduit depuis Sugden et al. (2014).	35
Figure 2.8: Un nourrisson macaque avec son soigneur portant un masque couvrant son visage. Reproduit d'après Sugita (2008).	37
Figure 2.9: Exemple de visage d'humains (haut) et macaques (bas) utilisés dans la tâche de discrimination. Reproduit depuis Pascalis et al (2002).	42
Figure 2.10: Exemple de visages de macaques avec des yeux humains. Reproduit depuis Damon et al. (2015).	43
Figure 3.1: Représentation bidimensionnelle du <i>face-space</i> , les visages proches du centre sont typiques, et les visages éloignés atypiques, ou distinctifs. La représentation en deux dimensions est à but illustratif uniquement. Reproduit d'après Valentine (1991).	55
Figure 3.2: Représentation bidimensionnelle du <i>face-space</i> montrant une population de visages de type familier (disques blancs) et une population de visages d'un autre type (disques noirs). Les visages de type familier sont plus espacés selon les dimensions du <i>face-space</i> . Adapté d'après Valentine (1991).	59
Figure 3.3: Représentation des visages selon leur distance euclidienne par rapport au barycentre, en fonction du type de visages appris (haut, apprentissage européen ; bas, apprentissage asiatique). Les trois dimensions selon lesquelles sont projetés les visages reflètent 90% de la variance. Adapté d'après Caldara et Abdi (2006).	60
Figure 3.4: Simulation générée par ordinateur de la croissance du crâne par transformation cardioïdale, de l'enfance (contours internes) à l'âge adulte (contours externes). Reproduit d'après Todd et al. (1980)	64
Figure 3.5: Interprétation de l'avantage de la caricature dans un modèle basé sur les exemplaires (a) et dans un modèle basé sur la norme (b). Adapté d'après Lewis & Johnston (1999).	68
Figure 3.6: (a) Une cellule de Voronoi construite dans un espace bidimensionnel avec 11 sites (points noirs). Les sites sont séparés en traçant les médiatrices entre chacun d'eux. (b)	

Un diagramme de Voronoi composé de 11 cellules. On remarque que les cellules du centre sont plus petites que celles de la périphérie, du fait de la distribution des sites (également plus massés au centre). Le site de chaque cellule est toujours décalé vers le centre du <i>face-space</i> en comparaison du centre réel de la région. Adapté d'après Lewis & Johnston (1999).	70
Figure 3.7 : Représentation du <i>face-space</i> adulte (a). En (b) et (c), deux versions de <i>face-space</i> possibles chez l'enfant proposé par Ellis (1992). (b) la nature et les dimensions du <i>face-space</i> sont identiques à l'adulte mais contient moins de visages, le gradient de densité y est donc plus faible. (c), l'espace est plus petit que pour l'adulte, le gradient de densité est donc similaire. En (d) et (e), deux versions supplémentaires proposées par Humphrey et Johnson (2007), (d) les visages sont encodés selon un sous-ensemble des dimensions de l'adulte, et (e) les visages sont encodés selon moins de dimensions que l'adulte et sont de nature différente (les dimensions du <i>face-space</i> adulte sont en pointillés). Adapté d'après Humphrey et Johnson (2007).	71
Figure 4.1 : Photographie du protocole expérimental de test des nourrissons au Babylab de Grenoble, France.	83
Figure 4.2: Photographie du protocole de test des nourrissons à l'oculomètre (EyeLink) au Babylab de Grenoble, France.	85
Figure 4.3 : Photographie du protocole expérimental de test des nouveau-nés à la maternité du CHU de Grenoble, France.	87
Figure 4.4 : Personnel soignant du laboratoire d'éthologie comparée de Poolesville (Maryland, USA) équipé du matériel de protection : masque, lunette et coiffe pour effectuer les études chez le nourrisson macaque. Seuls les yeux restent visibles.	89
Figure 4.5: Photographie du protocole de test des nourrissons macaques au laboratoire d'éthologie comparée à Poolesville (Maryland, USA). Ce nourrisson a été filmé durant la passation de l'étude 7b.	90
Figure 5.1: Examples of Caucasian and Asian faces, and adult and newborn faces, presented to Caucasian newborn infants.	96
Figure 5.2: Possible representation of faces ordered in a broad face-space as function of relative familiarity for a Caucasian newborn, and the face preferences already tested in previous articles.	99
Figure 5.3: Examples of Caucasian and Asian adult and infant faces presented to Caucasian infants.	107
Figure 5.4: Infant preference for Caucasian and Asian upright and inverted adult faces.	109

Figure 6.1: Examples of the infant and child faces used as stimuli in study 1 (a) and study 2 (b).	124
Figure 6.2: Mean proportion of looking time at infant faces by age groups, as function of the experience with infant and child faces. Error bars are standard error of the mean. ...	126
Figure 6.3: Scatter plots with regression line of looking time toward infant faces for infants from Experimental and Control groups as function of the Participant age.	129
Figure 6.4: Proportion de temps de regard (%) vers les visages de nourrissons en fonction de l'âge des nourrissons (jours), et coefficient de corrélation entre l'âge des nourrissons et les préférences pour les visages de nourrissons.	135
Figure 6.5: Proportion de temps de regard vers les visages de nourrissons (%) en fonction de l'âge des nourrissons (jours) et de la présence (droite) ou non (gauche) de frères et sœurs plus âgés, chez une population de nourrissons ayant un jumeau.	136
Figure 6.6: Graphique récapitulatif des résultats des études 4 et 5, représentant les proportions de temps de regard vers les visages de nourrissons en fonction de l'âge et de l'expérience des nourrissons.....	137
Figure 6.7: Examples of the stimuli used in Study 1, condition: Infant to Adult (left: habituation trials; right: test trials).	144
Figure 6.8: Nine- and 12-month-old correlations between individual novel category preference scores and the number of days of exposure to infant faces for the infant and adult face familiarization conditions.	146
Figure 6.9: Nine- and 12-month-old correlations between individual novel category preference scores and the number of days of exposure to infant faces for the infant and child face familiarization conditions.	150
Figure 7.1 : Exemple de stimuli utilisé dans l'étude 7a. Tous les visages sont alignés sur la position du centre des pupilles.	159
Figure 7.2: Exemple de visage avec les points de repères (croix vertes). A gauche est représenté un visage individuel, et à droite le prototype de 42 visages (dont les 32 visages utilisés comme stimuli).....	160
Figure 7.3: Représentation des points (cercles rouges) à partir desquels les mesures de distance ont été calculées, représentés sur le prototype.	161
Figure 7.4: Représentation de la différence de temps de regard pour chaque paire de visages présentée aux nourrissons en fonction de la différence de distance par rapport au prototype.....	164

Figure 7.5: Représentation des temps de regard moyen vers chaque visage en fonction de la distance par rapport au prototype.	164
Figure 7.6 : Exemple de stimuli utilisé dans l'étude 7b. Tous les visages sont alignés sur la position du centre des pupilles.	167
Figure 7.7: Exemple de visage avec les points de repères (croix vertes). A gauche est représenté un visage individuel, et à droite le prototype (construit à partir des 16 visages utilisés en stimuli).....	168
Figure 7.8: Représentation des points (cercles rouges) à partir desquels les mesures de distance ont été calculées, représentés sur le prototype.	168
Figure 7.9: Représentation des temps de regard moyen vers chaque visage de singe en fonction de la distance par rapport au prototype	170
Figure 8.1: Pourcentage moyen de temps de regard vers les visages d'adultes par rapport aux visages de nourrissons (avec écart-type) chez les nourrissons âgés de quelques jours à 12 mois. La ligne rouge représente le niveau du hasard et les étoiles les valeurs significativement différentes de 50%.	175

Liste des Encarts

Encart 1: Représentation statistique des visages dans un modèle connexionniste.....	61
Encart 2: Résumé Etude 1	101
Encart 3: Résumé Etude 2	113
Encart 4: Résumé Etude 4	133
Encart 5: Résumé Etude 6	156

Table des Tableaux

- **Tableaux insérés dans les articles soumis ou en préparation :**

Table 1. Caucasian Newborns' Mean Looking Times (seconds), Standard Deviations, and Percentage of Looking Time for Adult Faces from each Race	97
Table 2. Mean Proportion of Looking Time toward Infant Faces in IE, NE, BE, and CE Experience Groups.	125
Table 3. Mean fixation times (seconds) during the familiarization trials and mean novel category preference scores (percentages) during the preference test trials of Experiment 1 for 9- and 12-month-old infants.....	145
Table 4. Mean fixation times (seconds) during the familiarization trials and mean novel category preference scores (percentages) during the preference test trials of Experiment 2 for 9- and 12-month-old infants.....	149

- **Tableaux insérés dans le corps du texte en français :**

Tableau 1 : Proportion de temps de regard vers les visages d'adultes avec écart-type chez les nourrissons de 9 et 12 mois en fonction de l'orientation des visages.	115
Tableau 2: Proportion des temps de regard pour les visages d'adultes (et écart-type) des nourrissons de 9 et 12 mois, en fonction de l'expérience avec les visages de nourrissons, et de l'orientation des visages.	116
Tableau 3: Temps de regard moyen (secondes) et nombre moyen de fixations en fonction de la proximité des visages par rapport au prototype, avec <i>t</i> -test et <i>d</i> de Cohen.	163
Tableau 4: Temps de regard moyen (secondes) en fonction de la proximité des visages par rapport au prototype, avec <i>t</i> -test et <i>d</i> de Cohen.	170

Abréviations

ANOVA	Analyse de la Variance
BCM	Binocular Correlation Model
BE	Both Experience (infant and child face experience)
CE	Child face Experience
EEG	Electroencéphalographie
FFA	Face Fusiform Area
IE	Infant face Experience
iEEG	Electroencéphalographie intracrânienne
IRMf	Imagerie par Résonance Magnétique fonctionnelle
MDS	Multidimensional Scaling
NE	No face Experience
OAB	Own-age bias
OFA	Occipital face area
ORE	Other-race effect
RSS	Residual Studentized Suppressed

INTRODUCTION

Les visages sont l'un des premiers stimuli dont nous faisons l'expérience en venant au monde, et les nouveau-nés vont présenter un attrait immédiat pour ceux-ci. Cette attraction précoce se perpétue chez l'adulte pour qui « un beau visage est le plus doux de tous les spectacles » (La Bruyère, 1688). Cette dernière assertion illustre surtout le caractère fondamental que revêtent les visages pour notre espèce, mais ceci s'avère valable pour les primates en général, dont le mode de vie social repose pour une bonne part sur la perception des multiples signaux que véhiculent les visages.

L'intérêt d'étudier cette capacité chez une population de nourrissons est double. D'une part, les effets potentiels de l'expérience y seront plus marqués, les nourrissons ayant vu moins de visages qu'un adulte. L'apprentissage de nouveaux visages aura plus facilement un impact significatif sur la structure de la représentation des visages d'un nourrisson que sur celle d'un adulte. L'orientation spontanée des nourrissons vers des visages d'une catégorie plutôt que vers des visages d'une autre catégorie peut nous donner des indications sur la manière dont est structurée leur représentation des visages, et l'évolution de ces biais pourra nous informer sur l'influence de l'expérience perceptive sur cette représentation. D'autre part, étudier le développement d'une capacité va imposer certaines contraintes sur le type de modèles psychologiques qu'il est possible d'envisager pour expliquer les phénomènes observés : il faut pouvoir expliquer la construction d'une représentation, et non simplement sa récupération. Tout au long de cette thèse nous nous attacherons à étudier le développement de la formation de catégories de visages à l'aide des préférences visuelles des nourrissons.

Bien que la préoccupation principale de ce travail de thèse porte sur le développement du traitement des visages dans l'enfance, nous débuterons par une présentation des travaux relatifs à la perception des visages chez l'adulte (Chapitre 1), avant d'aborder son développement durant la première année de vie (Chapitre 2). Nous développerons ensuite le cadre conceptuel proposé par Valentine (1991) et ses diverses ramifications, cadre sur lequel nous nous appuierons pour tenter d'intégrer l'ensemble de nos données (Chapitre 3). Avant de présenter les données empiriques de ce travail de thèse, nous ferons un détour méthodologique pour décrire l'ensemble des mesures comportementales que nous avons

employées (Chapitre 4). Dans la partie expérimentale de ce travail de thèse, nous étudierons d'abord le développement des préférences des nourrissons pour les visages d'adultes (catégorie familière) par rapport à des visages de nourrissons (catégorie non familière), de la naissance à 12 mois (Chapitre 5). Par la suite (Chapitre 6), nous étudierons les préférences des nourrissons de 3 à 12 mois pour des catégories de visages de nourrissons et d'enfants puis examinerons les capacités de catégorisation des nourrissons de 9 à 12 mois pour des visages d'adultes, d'enfants et de nourrissons. Dans le chapitre 7, nous montrerons la présence de préférences visuelles pour les visages proches du prototype chez des nourrissons humains de 12 mois et des nourrissons macaques de 3 mois (*Macaca mulatta*) suggérant un mécanisme commun aux deux espèces responsable de la formation des préférences visuelles. Enfin, dans le chapitre 8, nous discuterons l'ensemble de ces résultats à la lumière du modèle de Valentine (1991).

Chapitre 1. Perception des visages chez l'adulte

Le visage humain est une structure biologique qui véhicule une multitude de signaux sociaux. Ces derniers peuvent être perçus, traités et interprétés, tant par des individus familiers que par des personnes totalement étrangères. L'identité d'une personne est bien sûr l'une des informations cruciales que véhicule le visage, mais elle est incluse parmi de nombreuses autres comme l'âge, le genre, l'humeur, la sincérité, les intentions hostiles et agressives ou au contraire amicales. L'étude des processus psychologiques sous-jacents à l'extraction de ces indices s'est considérablement développée durant les trois dernières décennies, aussi nous efforcerons-nous d'en produire une revue.

1.1 Que voit-on dans un visage ?

1.1.1 Le sens des visages

Les visages ont une orientation canonique. Dans l'immense majorité des interactions que nous avons avec d'autres individus nous percevons les visages dans leur orientation naturelle, verticale, avec les yeux au-dessus du nez et de la bouche. Les visages ne sont pas les seuls objets ayant une orientation privilégiée. De nombreux autres stimuli partagent cette caractéristique (e.g., maison, voiture, cheval, etc.). Yin (1969) a pu montrer que la présentation inversée des visages en perturbait fortement la mémorisation et la reconnaissance (phénomène nommé « effet d'inversion »). Cet effet est bien plus marqué pour les visages que pour d'autres classes de stimuli possédant également une orientation canonique (i.e., maison, silhouette de personne). Le traitement des visages inversés étant disproportionnellement plus perturbé que celui d'autres objets mono-orientés, l'auteur en a conclu que deux facteurs entraient probablement en jeu dans cet effet : un facteur de familiarité général (i.e., facilité à traiter les objets dans leur orientation canonique), et un facteur spécifique aux visages. La nature de ce facteur hypothétique restait spéculative, puisque les données originales de Yin (1969) ne permettaient pas de tester directement cette hypothèse. L'auteur reportait toutefois les rapports verbaux des sujets concernant la manière dont ils ont réalisé la tâche et a montré

qu'ils faisaient état de deux stratégies différentes. La première consistait à rechercher une caractéristique distinctive particulière, alors que l'autre consistait à essayer de dégager une impression générale de l'image. Si la première stratégie était applicable quel que soit le matériel (visage ou objet), la seconde ne l'était principalement que pour les visages. De façon intéressante, aucun des sujets n'a toutefois rapporté avoir utilisé la seconde stratégie pour les visages inversés. Depuis la publication de l'article de Yin (1969), la robustesse de l'effet d'inversion a été éprouvée par de nombreux travaux aux conditions et méthodologies variées (pour des revues, voir Rossion & Gauthier, 2002; Rossion, 2008; Valentine, 1988). Une célèbre illusion (P. Thompson, 1980) illustre bien la difficulté à traiter les visages présentés à l'envers, quand bien même il s'agirait d'un visage connu (voir Figure 1.1). Les modifications des yeux et de la bouche de Margaret Thatcher, déformant fortement le visage quand il est perçu à l'endroit, sont nettement moins choquantes dans le visage présenté à l'envers. La seule inversion des yeux suffit d'ailleurs à provoquer l'effet (M. B. Lewis & Johnston, 1997). L'aspect grotesque et monstrueux du visage n'est pas perceptible dans la version inversée—ce qui rappelle d'ailleurs les rapports informels des sujets de Yin (1969) concernant l'absence de création d'impression générale du visage lorsque celui-ci est à l'envers.



Figure 1.1: Illustration de l'illusion "Margaret Thatcher", reproduit d'après Thompson (1980)

1.1.2 Décrire un visage : éléments et configuration

Une description intuitive de la composition du visage aboutirait probablement à une suite d'éléments tels que les yeux, la bouche, le nez, en somme les parties du visage associées à des fonctions particulières (vue, parole, etc.) pour lesquelles existent des termes linguistiques spécifiques. Ce découpage intuitif du visage en éléments rappelle la décomposition en composants élémentaires de Biederman (1987), dans le domaine de la reconnaissance d'objets. Tout comme les parties des objets peuvent être décomposées selon des règles d'uniformité, de contours, ou de symétrie, les éléments du visage vont correspondre

à des points de discontinuité dans la géométrie du visage (Biederman, 1987; Hoffman & Richards, 1984). Ce modèle de traitement analytique, élément par élément, est influent dans le domaine de la reconnaissance d'objet, mais ne rend pas nécessairement compte à lui seul de la manière dont sont représentés les visages en mémoire. En effet, même si un élément distinctif (e.g., un grand nez) peut aider à reconnaître un visage non familier, il est peu probable que les éléments en eux-mêmes véhiculent l'identité d'un visage. Il est notoirement difficile de reconnaître que tel nez appartient à telle personne (Farah, 1991) — sauf si c'est un roc, un cap ou une péninsule, auquel cas son propriétaire ne laissera aucun doute.

Aussi, il a été envisagé qu'en plus d'un traitement spécifique des éléments, intervienne un traitement des rapports entre les éléments. Cette idée sera développée par Carey et Diamond (1977) qui vont introduire une distinction entre représentation analytique (« piecemeal ») des éléments du visage et représentation configurale (« configurational ») des propriétés de l'ensemble du visage. Diamond et Carey (1986; voir aussi Rhodes, 1988) vont de plus distinguer deux formes de relations configurales. L'agencement global des éléments de base du visage (e.g., nez, bouche, yeux ou menton) va former les relations de premier ordre (« first-order relations ») : le nez est au-dessus de la bouche, en position centrale, lui-même placé sous les yeux. Dans le visage humain, ces relations sont biologiquement contraintes et invariantes : la structure globale du visage est toujours la même selon les individus. En revanche, des variations subtiles à *l'intérieur* de cette configuration sont possibles, et vont constituer les relations de second ordre (« second-order relations »). Ces relations vont correspondre aux distances spatiales entre les éléments internes du visage, et seront par exemple constituées de la distance entre les yeux, de la distance nez/bouche, ou de la distance entre les sourcils. En somme, les relations de 2nd ordre d'un visage individuel particulier vont correspondre aux déviations par rapport à la structure de 1^{er} ordre partagée par l'ensemble des visages (McKone & Yovel, 2009). Si les relations de premier ordre permettent probablement de déterminer si un stimulus est un visage ou non au niveau catégoriel, elles ne permettent pas de différencier deux visages entre eux. Les relations de 2nd ordre sont en revanche de bons candidats pour servir à cet effet (Diamond & Carey, 1986; Maurer, Le Grand, & Mondloch, 2002; mais voir Rossion, 2009).

1.1.3 Décrire un visage : traitement holistique

Le traitement des propriétés de 1^{er} et 2nd ordre ne rendent pourtant pas compte de tous les phénomènes de perception des visages. Si l'on considère l'effet d'illusion Thatcher, les distances entre les éléments ne sont que peu perturbées par le retournement des yeux et de la bouche, et malgré tout l'effet est saisissant lorsque le visage est à l'endroit. Ce type d'effet repose donc probablement sur un autre type de traitement, impliquant une combinaison des éléments entre eux dans un percept global (i.e., une Gestalt, voir Ellis, 1975). L'existence d'un tel mécanisme holistique a été postulée depuis Galton (1879), mais ne commencera à recevoir de support expérimental qu'un siècle plus tard, notamment avec les travaux de Tanaka et Farah (1993). Les auteurs ont demandé à des participants d'apprendre les noms d'un ensemble de visages, puis d'identifier quel élément appartenait à tel personnage particulier, parmi deux possibilités apprises précédemment (voir Figure 1.2, milieu : Quel est le nez de Larry ?).

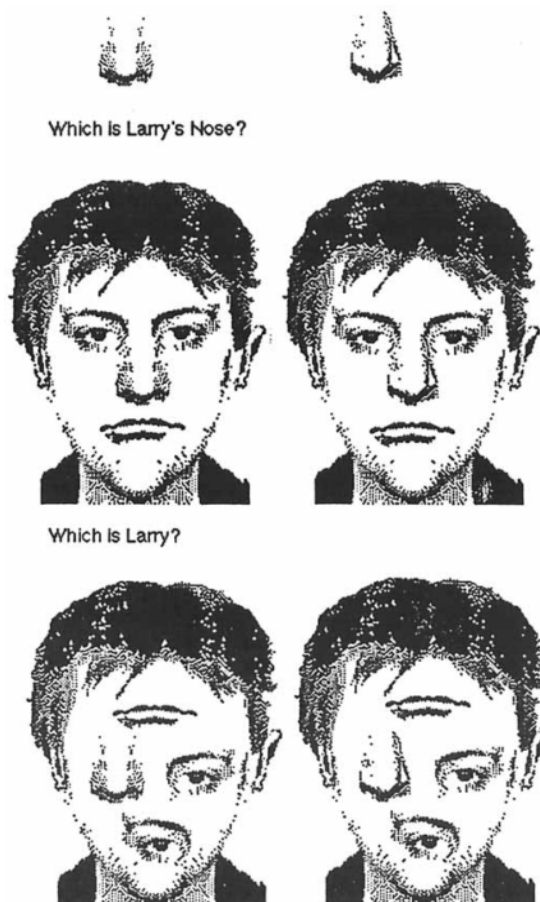


Figure 1.2: Exemples d'éléments (haut), visages entiers (milieu), et visages mélangés (bas) utilisés par Tanaka et Farah (1993).

Les participants se sont révélés bien meilleurs lorsque les éléments à choisir étaient proposés dans le contexte d'un visage entier plutôt qu'isolément (voir Figure 1.2, haut). De plus, l'avantage de l'inclusion dans un visage disparaissait, et s'inversait même, lorsque les participants apprenaient un ensemble de visages dont les éléments sont mélangés par rapport à la configuration de 1^{er} ordre (voir Figure 1.2, bas). Dans ce dernier cas, les sujets ne pouvaient apprendre les visages de façon holistique, et les performances sont alors meilleures dans le cas d'une présentation des éléments pris isolément. Or, de façon critique, les distances entre les éléments ne sont que peu modifiées dans le cas des visages mélangés. Ceci alimente l'idée que le visage est « plus que la somme de ses parties » et fournit un support empirique à l'existence d'un traitement holistique distinct du traitement des relations de 2nd ordre (Tanaka & Farah, 1993; pour une revue récente voir Tanaka & Gordon, 2011).

D'autres preuves de l'intégration holistique des éléments du visage en une gestalt sont issues des tâches de visage composites introduit par Young, Hellawell, et Hay, (1987). Dans ce paradigme, la moitié haute du visage d'un personnage célèbre et la moitié basse d'un autre personnage célèbre sont associées. La fusion des deux moitiés de visage crée un visage composite qui ne ressemble ni à l'un ni à l'autre des personnages célèbres, mais à un nouveau visage avec une nouvelle identité (voir Figure 1.3, c) rendant l'identification de chaque moitié de visage difficile. A l'inverse, l'identification est nettement moins perturbée lorsque les demi-visages ne sont pas alignés : il n'y a pas d'intégration globale et l'identité des deux visages est préservée (voir Figure 1.3, d).

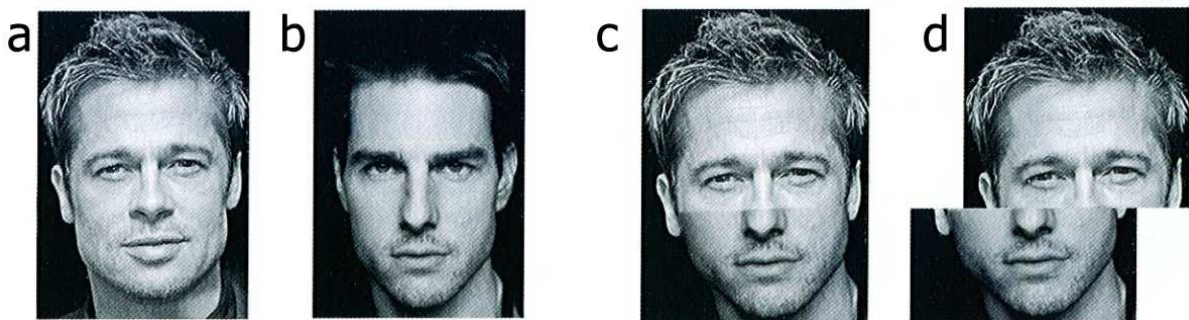


Figure 1.3: Exemple de tâche de visage composite. En (a) et (b) se trouvent les visages originaux. En (c) et (d) se trouvent les visages composites, respectivement avec les demi visages alignés et non alignés. La partie haute du visage (a) est associée avec la partie basse du visage (b). Adapté depuis Lee et al., 2011.

Un des écueils dans l'évaluation du poids des différents traitements (analytique, configural, et holistique) tient dans la difficulté de trouver une tâche qui permette de séparer la contribution de chacun d'eux. Ainsi, quoique la tâche de visage composite soit aussi une

mesure du traitement holistique, la présentation des demi-visages non alignés induit de fait une perturbation des relations de 2nd ordre. D'une certaine façon, il pourrait être avancé que cela en fait une tâche holistique moins « pure » que la tâche ensemble-éléments de Tanaka et Farah (1993).

Tout comme l'effet Thatcher, cet effet composite disparaît lorsque les visages sont inversés (Young et al., 1987). Ceci est interprété comme le passage d'un traitement holistique, quand les visages sont dans leur orientation canonique, à un traitement analytique, lorsque les visages sont inversés. De façon intéressante, Rossion et Boremanse (2008) rapportent que la disparition de cet effet d'intégration des visages composites n'est pas linéaire. Ils ont pu montrer que l'illusion est aussi marquée pour des variations d'orientation de 0° à 60°, puis diminue brutalement vers 90° et reste alors stable jusqu'à l'inversion complète du stimulus (180°). La non-linéarité du phénomène donne un certain crédit à une interprétation en termes de changement qualitatif de mode de traitement. Par ailleurs, une illustration artistique du phénomène d'intégration d'éléments en une gestalt peut être trouvée dans la perception de visages dans les compositions de fruits et légumes du peintre Giuseppe Arcimboldo (voir Figure 1.4). Bien que Maurer et al. (2002) considèrent que ce phénomène illustre la sensibilité aux relations de 1^{er} ordre, on peut arguer que c'est l'intégration des éléments en un percept global qui produit la perception d'un visage dans l'assemblage de fruits.

Enfin, il faut noter qu'une certaine ambiguïté entoure le sens du terme configural : le traitement auquel « configural » se réfère va varier selon l'auteur qui l'emploie. Historiquement les termes « holistique » et « configural » étaient purement synonymes et faisaient référence à la définition d'intégration des éléments dans un tout unique (Sergent, 1984; Young et al., 1987). Par la suite, une attention particulière a été portée sur les distances entre les éléments du visage, qui se sont vu attribuer également le terme de configural (Diamond & Carey, 1986; Maurer et al., 2002; Mondloch, Le Grand, & Maurer, 2002; G. Rhodes, 1988). Maurer et al. (2002) rangent ainsi sous l'appellation « configural » le traitement des relations de 1^{er} ordre, de 2nd ordre, et le traitement holistique (pour une discussion récente sur le sujet, voir Piepers & Robbins, 2012). Pour notre part, nous distinguerons systématiquement les différents processus, et « traitement configural » fera dans les pages qui suivent exclusivement référence au traitement des relations de 2nd ordre.

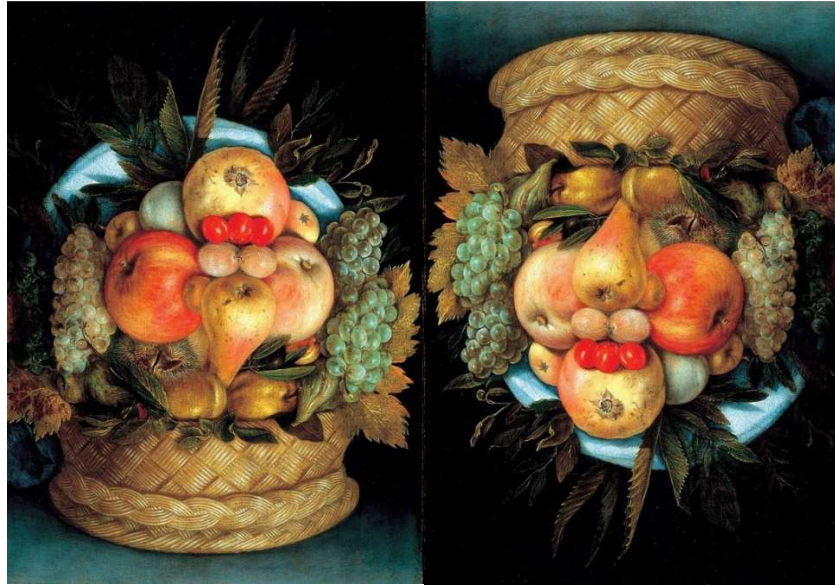


Figure 1.4: Corbeille de fruits (image inversée à gauche, à l'endroit à droite) par Giuseppe Arcimboldo (1590).

1.1.4 Mais d'où vient l'effet d'inversion ?

La question de la nature de l'effet d'inversion fait l'objet d'une âpre controverse, tout comme la question qui lui est reliée de savoir quel type de traitement est le plus perturbé par cet effet. Il est possible de décliner plusieurs positions théoriques.

La plus parcimonieuse est celle proposée par Valentine (1988; voir aussi Sekuler, Gaspar, Gold, & Bennett, 2004) pour qui l'effet d'inversion proviendrait d'une perturbation de tous les indices ayant trait au traitement des visages, quels qu'ils soient. Cette position ne rend toutefois pas compte de la dissociation entre la relative préservation du traitement des éléments locaux suite à l'inversion des visages en regard du traitement des relations configurales qui est nettement plus perturbé (Barton, Keenan, & Bass, 2001; Boutet, Collin, & Faubert, 2003; Crookes & Hayward, 2012; Freire, Lee, & Symons, 2000; Goffaux & Rossion, 2007; Le Grand, Mondloch, Maurer, & Brent, 2001; Sargent, 1984; pour une revue et une discussion voir Rossion, 2008, 2009). Cette dissociation a conduit à l'idée que la perturbation du traitement des relations configurales soit une des causes majeures de l'effet d'inversion (Barton et al., 2001; Leder & Bruce, 2000; Leder, Candrian, Huber, & Bruce, 2001; Maurer et al., 2002), ce qui implique une distinction au niveau représentationnel entre le traitement local des éléments du visage et le traitement des relations de 2nd ordre (Carey, 1992; Maurer et al., 2002).

La pertinence d'une telle distinction n'est pourtant pas si évidente. Ainsi, toutes les relations configurales ne sont pas affectées avec la même magnitude, la perception des relations verticales entre les éléments étant bien plus perturbée par l'inversion des visages que les relations horizontales (Barton et al., 2001), en particulier lorsqu'il s'agit des yeux (Goffaux & Rossion, 2007; Sekunova & Barton, 2008). De plus, comme le font remarquer McKone et Yovel (2009), la dissociation de l'effet d'inversion sur les propriétés locales et configurales est plutôt variable selon la définition que l'on va prendre des « modifications locales ». Si l'on se borne aux propriétés de couleur ou de brillance, alors on trouve en effet une relative préservation du traitement de ces indices par l'inversion (Barton et al., 2001; Leder & Bruce, 2000; Leder et al., 2001; Leder & Carbon, 2006; Searcy & Bartlett, 1996). En revanche, si l'on inclut des propriétés de forme, l'amplitude de l'effet d'inversion est similaire à ce que l'on peut observer pour les modifications de relations configurales (G. Rhodes, Brake, & Atkinson, 1993; Riesenhuber, Jarudi, Gilad, & Sinha, 2004); le même effet est aussi obtenu pour des modifications de contour global (Van Belle, De Smet, De Graef, Van Gool, & Verfaillie, 2009).

Une dernière position propose de reconsidérer l'effet d'inversion non pas comme une conséquence de la perturbation des relations configurales, mais comme une conséquence de la perturbation du traitement holistique (Rossion & Boremanse, 2008; Rossion, 2008, 2009; Tanaka & Farah, 1993; Xu & Tanaka, 2013; Yovel & Kanwisher, 2004). Les visages seraient traités de façon holistique dès lors qu'ils pourraient être associés à une représentation « modèle » (ou typique) du visage, dérivée de l'expérience (Rossion & Boremanse, 2008). Ce traitement holistique serait rendu possible par la présence d'un champ perceptif qui engloberait la totalité du visage lorsque celui-ci est présenté dans l'orientation où sont habituellement perçus les visages—donc à l'endroit (Rossion, 2008, 2009). Le retournement du visage provoquerait un rétrécissement de ce champ perceptif ne permettant l'inclusion que de quelques éléments du visage, ce qui empêcherait l'association avec la représentation interne typique de visage, ce qui par voie de conséquence empêcherait alors le traitement holistique. De fait, les traitements qui concernent de grandes portions du visage seront bien plus affectés (typiquement : les relations configurales) que ceux qui n'en n'impliquent qu'une faible portion (typiquement : le traitement local des éléments). L'intérêt de cette conception est qu'il n'est plus nécessaire de postuler des différences au niveau représentationnel pour le traitement configural et analytique (Carey, 1992; Maurer et al.,

2002), puisqu'un seul processus perceptif appliqué à tous les indices du visage est suffisant pour expliquer l'effet d'inversion.

Pour finir, il faut préciser qu'en plus d'être étudié pour lui-même, l'effet d'inversion servira souvent de « signature » du traitement des visages, et sera un fréquent contrôle pour s'assurer que le phénomène d'intérêt reflète bien un traitement spécifique des visages et non un traitement de propriétés de bas niveau, en particulier chez le nourrisson (Balas et al., 2010; Quinn et al., 2010; Quinn, Yahr, Kuhn, Slater, & Pascalis, 2002; Quinn, Uttley, et al., 2008; Van Duuren, Kendell-Scott, & Stark, 2003).

1.2 Traitement des visages : spécificité ou expertise ?

Il serait légitime de se demander si l'ensemble des processus décrits plus haut est restreint aux visages ou pourrait être observé pour d'autres classes d'objets. En d'autres termes, les visages sont-ils spéciaux ? L'idée que les visages soient une catégorie particulière d'objets pour lesquels une forme de traitement spécifique est utilisé était déjà pointé par Yin (1969) qui invoquait un « facteur spécial » pour expliquer l'effet d'inversion. Mais le débat principal repose principalement sur la question de la spécificité cérébrale du traitement des visages : Peut-on trouver un module des visages dans le cerveau ? Le concept de modularité tel que défini par Fodor (1983) requiert plusieurs conditions, telles que le fait d'être localisé (dans le cerveau), de fournir un traitement spécifique à un type d'objet, et enfin d'être inné. La notion d'innéité est intimement liée au développement de la perception des visages, et sera traité au chapitre suivant. Dans les paragraphes qui suivent nous aborderons plus particulièrement les questions liées à la localisation et à la spécificité.

1.2.1 Localisation et spécificité : un détour par la neurophysiologie

Les travaux de Kanwisher vont fournir plusieurs arguments en faveur de l'hypothèse que certaines parties du cerveau sont spécifiquement dévolues (ou dédiées) à la perception des visages. Kanwisher, McDermott et Chun (1997; voir aussi McCarthy, Puce, Gore, & Allison, 1997) à l'aide de mesures d'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf) ont étudié les régions spécifiquement impliquées dans le traitement des visages. En analysant l'activité hémodynamique des régions activées par la présentation de visages *par rapport* à l'activité provoquée par d'autres objets, Kanwisher et al. (1997) ont pu reporter une zone spécifiquement activée par la présentation de visages (i.e., voir Figure 1.5, zone encadrée en

vert). L'avantage de contraster des conditions visages/objets, visages/maisons, etc., est de permettre de soustraire les activations relatives aux traitements d'objets autres que les visages, et d'extraire une activation reflétant spécifiquement le traitement de ceux-ci. Ici, pour chacun des contrastes présentés, l'activité hémodynamique de la région médiale du gyrus fusiforme de l'hémisphère droit¹ est augmentée, chez 12 des 15 sujets de Kanwisher et al. (1997). Le même effet est mesuré dans une région plus latérale du lobe occipital. Il est intéressant de noter que ces régions sont spécifiquement activées par les visages entiers, et non par les visages mélangés. Par ailleurs, le contraste avec les maisons permet d'éliminer des hypothèses alternatives de discrimination ou de traitement de la symétrie.

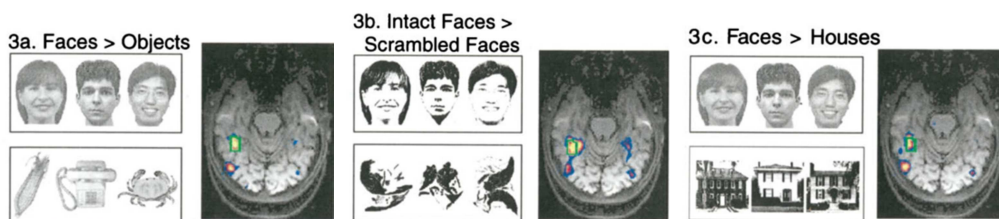


Figure 1.5: Régions répondant spécifiquement aux visages, contrasté avec des objets (a), des visages mélangés (b), ou des maisons (c), reproduit depuis Kanwisher et al. (1997).

L'activation de ces régions est plutôt latéralisée à droite lorsque les visages sont contrastés avec les objets, quoiqu'on puisse remarquer une faible activation dans le gyrus fusiforme gauche, en particulier pour la condition visages mélangés. Il est probable que la condition visage/objet ait permis de soustraire plus spécifiquement ce qui relevait du traitement des visages de ce qui relevait du traitement d'objet et de forme, contrairement à la condition visages mélangés (Kanwisher et al., 1997). Le gyrus fusiforme étant de plus une zone dont la lésion est corrélée avec des cas de prosopagnosie (Damasio, Damasio, & Van Hoesen, 1982), l'appellation « Face Fusiform Area » ou FFA, s'est imposée. Kanwisher et al., (1997) ont aussi mis en évidence d'autres zones répondant spécifiquement au visage, l'« Occipital Face Area » ou OFA (zone d'activation latérale, à gauche entourée en bleu sur la Figure 1.5), et le « Superior Temporal Sulcus » ou STS (non visible dans la figure de Kanwisher et al. [1997] car situé sur une coupe plus élevée). Ces trois régions sont elles-

¹ L'hémisphère droit est représenté à gauche sur la figure.

mêmes intriquées dans un réseau plus large (voir Figure 1.6) impliquant entre autre l'amygdale, l'insula et le système limbique (Haxby, Hoffman, & Gobbini, 2000).

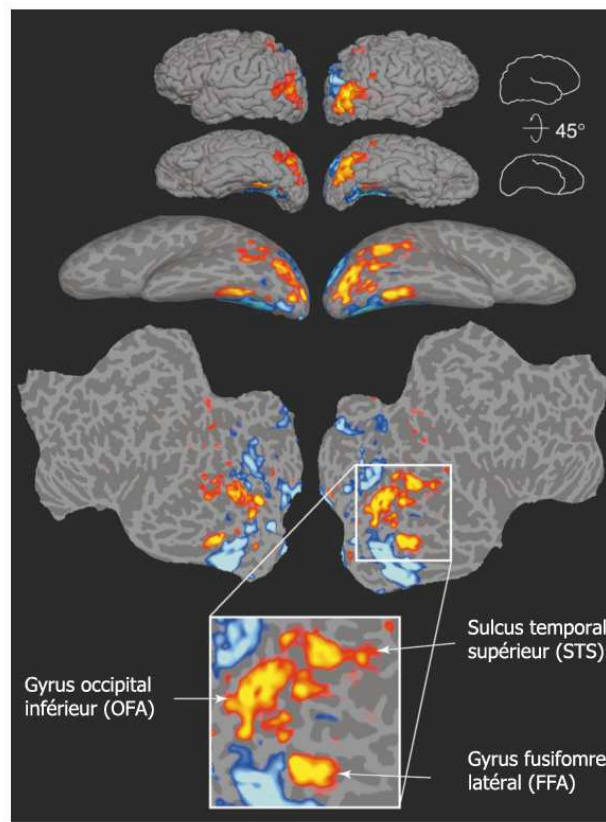


Figure 1.6: Modèle neurophysiologique du système de traitement des visages proposé par Haxby et al. (2000). Du haut vers le bas, cortex "déroulé" pour obtenir une carte d'activation plane. Adapté d'après Haxby et al. (2000).

Détaillant les liens fonctionnels de leur modèle, Haxby et al. (2000) ont proposé que l'OFA, située tôt dans le traitement, fournirait une analyse perceptive dont les traitements seraient ensuite envoyés d'une part à la FFA, qui aurait pour charge de traiter les aspects invariants des visages (e.g., décoder l'identité d'un visage), et d'autre part à STS, qui prendrait en charge le traitement des aspects temporellement variables du visage (e.g., expression du visage, regard, etc.) (Voir Figure 1.7). Toutes les flèches du modèle sont bidirectionnelles, suggérant que les sorties de chaque région vont retropropager les traitements vers les modules desquels ils reçoivent des signaux.

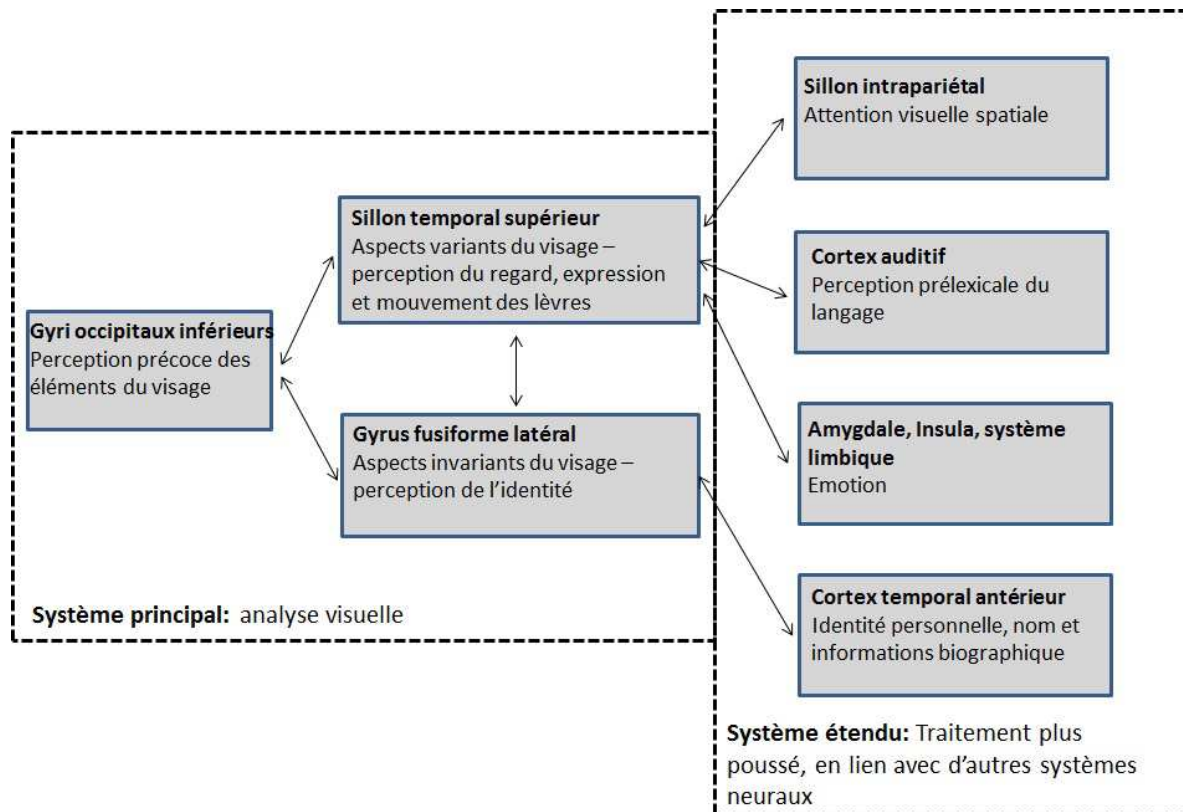


Figure 1.7: Liens fonctionnels du système de traitement des visages, adapté depuis Haxby et al. (2000)

Notons que d'autres méthodes d'imagerie telles que les mesures électroencéphalographiques des potentiels évoqués enregistrés à la surface du scalp (EEG), ou enregistrés directement à la surface du cortex (iEEG) montrent également une activité sélectivement associée au traitement des visages. Le déroulement temporel de cette activité se situe entre 170 ms (EEG, Bentin, Allison, Puce, Perez, & McCarthy, 1996) et 200 ms (iEEG, Allison, McCarthy, Nobre, Puce, & Belger, 1994; Allison, Puce, Spencer, & McCarthy, 1999), et correspond à une composante EEG nommée N170 (N200 pour les mesures iEEG). Cette composante s'avère particulièrement sensible à la présence des yeux dans un visage (Bentin et al., 1996; Bentin, Golland, Flevaris, Robertson, & Moscovitch, 2006), ainsi qu'à l'orientation des visages (Bentin et al., 1996), et apparaît qu'un visage ait été perçu consciemment ou non (Vuilleumier et al., 2001).

L'ensemble de ces données neurophysiologiques sont compatibles avec l'idée que des structures cérébrales aient été adaptées au traitement des visages. Toutefois un tel réseau, complexe et largement distribué (Haxby et al., 2000), impose de nuancer la version forte de l'hypothèse de modularité. De plus, Haxby et al. (2001) ont aussi pu montrer que des régions spatialement distinctes sont sélectivement activées pour différentes classes d'objets fabriqués (e.g., maisons, chaussures, chaises, etc.), catégories dont l'apparition historiquement tardive

laisse suggérer que les facteurs d'adaptation ne sont pas les seuls contributeurs à la construction de régions « catégories-sélectives ».

1.2.2 Un effet d'expertise ?

Les travaux décrits précédemment tendent à montrer que des zones du cerveau sont spécifiquement dédiées à la perception des visages. Pourtant, quoique la FFA réponde préférentiellement aux visages (Tsao & Livingstone, 2008), elle présente aussi une activation, certes plus modeste mais significative, pour des objets qui ne sont pas des visages (Gauthier, Skudlarski, Gore, & Anderson, 2000). Ce résultat est à l'origine de la controverse entre spécificité ou expertise.

Diamond et Carey (1986) proposaient déjà que le traitement des visages ne doive sa particularité qu'à l'expertise pour cette classe de stimuli. Pour preuve, Diamond et Carey (1986) faisaient valoir la présence d'effet d'inversion chez des personnes expertes en discrimination de chiens, alors que cet effet était absent chez des personnes ne possédant pas ce niveau d'expertise (Diamond & Carey, 1986). Cet « effet d'expertise » a été repris expérimentalement par Gauthier et Tarr (1997) qui ont montré qu'un entraînement important avec une catégorie de stimuli créés de toutes pièces pour l'expérience (« Greebles ») pouvait induire un traitement configural lors de tests de reconnaissance ultérieurs. Le raisonnement était qu'avec suffisamment d'expertise, le traitement des Greebles serait similaire au traitement des visages. Par la suite, la même équipe a montré que la reconnaissance de Greebles activait la FFA et l'OFA chez des sujets surentraînés (Gauthier, Tarr, Anderson, Skudlarski, & Gore, 1999), tout comme pour les experts en matière d'oiseaux ou de voitures (Gauthier et al., 2000) – expertise acquise hors laboratoire dans ce cas. Cependant, alors que dans le cas de visages les activations de la FFA sont hautement corrélées avec les résultats comportementaux de reconnaissance, cette corrélation est bien plus ténue dans le cas d'objets d'autres catégories (Grill-Spector et al., 2004, mais voir Gauthier, McGugin, Gatenby, & Gore, 2012).

L'étude de Diamond et Carey (1986) ayant initialement reporté un effet d'inversion massif chez des sujets experts en discrimination de chiens, ce fut un argument majeur en faveur de l'hypothèse d'expertise, qui a de fait fortement influencé le domaine. Cette hypothèse reste toutefois très discutée. Tous les effets d'expertise obtenus par la suite avec des objets autres que des visages furent soit nuls (Yue, Tjan, & Biederman, 2006), soit de

faible amplitude en comparaison de ceux obtenus avec des visages (McKone, Kanwisher, & Duchaine, 2007; Robbins & McKone, 2007). En outre, dans une réplique directe de l'étude princeps de Diamond et Carey (1986), Robbins et McKone (2007) ont échoué à retrouver les effets d'inversion chez des sujets experts en discrimination de chiens. On peut évidemment arguer que l'expertise pour les visages est largement plus importante que pour toutes les autres classes de stimuli, et qu'elle débute très tôt dans le développement, ce qui rend compréhensible que les effets soient plus modestes lorsque l'on teste d'autres catégories de stimuli que les visages. Mais on peut aussi renverser le raisonnement et dire que si un stimulus tend à ressembler à un visage, il pourra bénéficier du traitement originellement réservé aux visages, et recruter les aires impliquées dans le traitement de ces derniers. Les Greebles, bien que catégorie artificielle, ont un certain air de visage (Xu, 2005), et il a pu être montré une diminution d'activité de la FFA lors de la présentation de ces stimuli inversés par rapport à leur présentation à l'endroit *avant* que les sujets aient été entraînés à les discriminer (Brants, Wagemans, & Op de Beeck, 2011). Ceci suggère que les Greebles sont traités de façon similaire à des visages par les sujets avant même que ceux-ci n'aient acquis une quelconque expertise avec cette catégorie.

Globalement, et ce bien que la controverse existe toujours, la balance des arguments « pour » l'une et l'autre des positions penche plutôt en faveur de l'hypothèse de la spécificité des visages (Kanwisher & Yovel, 2006; McKone, Crookes, Jeffery, & Dilks, 2012; McKone et al., 2007; pour une revue récente, voir McKone & Robbins, 2011). Quoiqu'il en soit, d'une certaine manière, les visages sont spéciaux pour les humains : ce sont bien les visages, et pas d'autres parties du corps comme les mains ou la forme du corps, qui sont spontanément utilisées pour discriminer les individus (McKone et al., 2007).

Ce qui se cache derrière la question spécificité/expertise — et probablement ce qui rend la question si controversée — est qu'il s'agit en fait d'une version détournée du débat classique « inné/acquis ». En effet, les tenants d'une position « Spécificité de la FFA » vont plutôt voir dans celle-ci le résultat de pressions évolutives (Grill-Spector et al., 2004; Kanwisher et al., 1997; McKone et al., 2012, 2007; Tsao, Moeller, & Freiwald, 2008), alors que les tenants d'une position « Effet d'expertise de la FFA » interprètent son activité comme reflétant un traitement générique de discrimination d'items partageant une certaine similarité perceptive et pour lesquels le sujet a acquis une expertise (Bukach, Gauthier, & Tarr, 2006; Gauthier et al., 2000, 1999; Gauthier & Tarr, 1997; Tarr & Gauthier, 2000). Cependant, comme l'ont fait remarquer Bruce et Young (2012), inné et acquis ne sont probablement que

faussetement antithétiques, et il est tout à fait possible d'envisager qu'un mécanisme de traitement des visages façonné par l'évolution ne soit pas totalement spécifique aux visages et accepte une certaine flexibilité perceptive, et inversement un traitement perceptif particulier lié à une grande expertise pourrait tout aussi bien recruter un réseau issu du passé évolutif de l'homme.

1.2.3 Perception des visages chez le primate non-humain

En tant qu'animaux sociaux, les primates allouent une grande importance aux visages, et des contraintes évolutives fortes ont pu peser sur les mécanismes neuronaux qui en sous-tendent le traitement. Ces contraintes rendent probable la présence de mécanismes neuronaux communs entre primates. Toutefois, les similarités fonctionnelles peuvent aussi émerger de solutions convergentes à un même problème computationnel, ce qui rend la recherche d'homologies au niveau cérébral entre espèces notoirement délicate (Tsao et al., 2008). Il est toutefois intéressant de remarquer que l'organisation précise du réseau de traitement des visages du macaque présente une correspondance anatomique singulière avec le réseau homologue chez l'humain, en particulier selon l'axe occipito-temporal (Tsao et al., 2008). D'ailleurs, le sillon temporal supérieur (STS) a été identifié comme comportant des cellules répondant spécifiquement aux visages initialement chez le macaque, par enregistrements cellulaires intracrâniens (Gross, Rocha-Miranda, & Bender, 1972), bien avant d'être identifié chez l'homme par IRMf (Kanwisher et al., 1997). L'association de ce type d'enregistrement avec des techniques d'imagerie a de plus permis de montrer que même au niveau cellulaire, le traitement des visages est extrêmement localisé (Tsao, Freiwald, Knutsen, Mandeville, & Tootell, 2003; Tsao, Freiwald, Tootell, & Livingstone, 2006).

Au niveau comportemental des similarités sont également visibles. L'effet d'inversion est observable chez le macaque japonais (Tomonaga, 1994), chez le macaque rhésus (Parr, Winslow, & Hopkins, 1999; Parr, 2011), et chez le chimpanzé (Parr, Dove, & Hopkins, 1998; Parr, 2011) pour lequel cet effet est, de plus, modulé par le niveau d'expertise avec le type de visage présenté (Dahl, Rasch, Tomonaga, & Adachi, 2013). Malgré des résultats divergents quant à cet effet de modulation (C. Bruce, 1982; Weiss, Kralik, & Hauser, 2001), il est établi que les primates présentent un effet d'inversion pour les visages (Parr, 2011; Pascalis, Petit, Kim, & Campbell, 1999). On retrouve également des stratégies d'exploration communes chez le macaque et l'humain, avec un intérêt particulier pour les yeux (Dahl, Wallraven, Bülthoff, & Logothetis, 2009; Gothard, Erickson, & Amaral, 2004b). Enfin, des preuves de traitement

holistique des visages ont aussi pu être mises en évidence chez le macaque rhésus à l'aide de tâches de visages composites (Dahl, Logothetis, & Hoffman, 2007), traitement que l'on peut de plus relier à l'activité neuronale des régions sélectives aux visages du lobe temporal (Freiwald, Tsao, & Livingstone, 2009).

Bien que des différences majeures existent par ailleurs entre l'homme et les primates non-humains, ces travaux illustrent quelques-uns des mécanismes que nous partageons avec ces derniers dans le système de perception des visages, mécanismes qui reflètent probablement notre long passé évolutif commun. Tout au long de ce chapitre nous avons pu constater l'intrication entre substrat issu du passé évolutif et expérience perceptive, mais nulle part cette intrication ne sera aussi évidente, et discutée, que chez le nourrisson.

Chapitre 2. Développement de la perception des visages

2.1 Préférence spontanée pour les visages chez le nouveau-né

Quelques heures à peine après la naissance, l'attention des nouveau-nés est déjà préférentiellement attirée par les visages plutôt que par d'autres stimuli complexes (Fantz, 1961, 1963; Goren, Sarty, & Wu, 1975; Johnson, Dziurawiec, Ellis, & Morton, 1991; Macchi Cassia, Turati, & Simion, 2004; Maurer & Young, 1983; Mondloch et al., 1999; Valenza, Simion, Macchi Cassia, & Umiltà, 1996). L'expérience perceptive ne semble ici pas un critère majeur, puisque même des nourrissons âgés en moyenne de 9 minutes suivent plus longtemps de la tête un visage schématique plutôt qu'un visage aux traits mélangés (Goren et al. 1975), ce qui suggère qu'une forme de mécanisme rudimentaire sélectif aux visages est fonctionnel dès la naissance. Il est globalement admis que les nouveau-nés sont biaisés à préférer certains stimuli qui ont certaines des caractéristiques des visages, en revanche les avis divergent quant aux mécanismes responsables de ce comportement.

2.1.1 Préférence pour les visages : hypothèse sensorielle

L'hypothèse la plus parcimonieuse est basée sur la fonction de sensibilité aux contrastes des nourrissons selon laquelle toutes les préférences des nouveau-nés — relatives aux visages ou non — seraient gouvernées par les propriétés psychophysiques des stimuli et leur adéquation avec le système sensoriel des nouveau-nés (Banks & Salapatek, 1981). L'idée est que l'orientation des nouveau-nés vers un stimulus peut être expliquée uniquement en termes de spectre d'amplitude d'un stimulus (i.e., son énergie, ce qui correspond à une valeur de contraste), et que l'information de phase (i.e., information correspondant à la structure du stimulus) soit totalement sans importance.

En somme, les préférences sont prédites en fonction de la seule visibilité du stimulus. Quoique cette hypothèse prédise bien les préférences pour divers objets, elle échoue à expliquer les préférences pour les patterns de visage puisque même lorsque l'amplitude est contrôlée, l'information de phase² continue de moduler les préférences (Kleiner, 1987). De plus, ce modèle prédit une réponse similaire quelle que soit l'orientation du stimulus sachant que cela n'affecte pas le contraste, or les nouveau-nés présentent une préférence pour des visages uniquement lorsque ceux-ci sont présentés à l'endroit et non à l'envers (Farroni et al., 2005; Valenza et al., 1996).

Dans une résurgence récente de l'hypothèse sensorielle, il a été proposé que l'attraction des nouveau-nés pour les visages résulte en fait de mécanismes de corrélation binoculaire, (i.e., « binocular correlation model », BCM, Wilkinson & Metta, 2014; Wilkinson, Paikan, Gredebäck, Rea, & Metta, 2014). Les nouveau-nés ont des problèmes de vergence, ce qui induit un décalage des champs visuels des deux yeux, ceux-ci n'étant pas parfaitement superposés. Wilkinson et al. (2014) ont proposé que les points saillants d'un champ visuel d'un œil qui corréleront avec les points saillants du champ visuel de l'autre œil seront amplifiés comparativement aux autres points (voir Figure 2.1c). Les patterns ayant un certain degré de symétrie dans le plan vertical auront donc plus de chances de naturellement provoquer une préférence, et il se trouve que les visages entrent dans cette catégorie. En effet, les yeux auront tendance à être superposés (voir Figure 2.1b) ce qui va amplifier la saillance du point de superposition, conduisant à une préférence. Tous les stimuli ayant une symétrie verticale ne produiront pas nécessairement d'amplification binoculaire, seuls ceux qui permettront à certains éléments d'être superposés dans les deux champs visuels bénéficieront de ce processus. Si les éléments sont trop éloignés par exemple, il n'y aura pas de superposition et donc pas de préférence (Wilkinson et al., 2014). La préférence spontanée des nouveau-nés pour les visages ne devrait donc rien à un mécanisme spécifiquement dédié aux visages mais correspondrait à une forme d'exaptation (Gould & Vrba, 1982), consistant en une réutilisation des propriétés de corrélation binoculaire pour sélectionner des stimuli d'importance dans l'environnement, ici les visages.

² On peut noter que l'information de phase, ou structure des visages est d'une certaine manière assimilable à ce qui était décrit comme « relations de premier ordre » dans le chapitre précédent.



Figure 2.1: Images issues de simulation robotique. (a) Stimulus visage, (b) champ visuels superposés provenant des deux lentilles du robot, (c) carte de saillance globale, la zone de chevauchement des yeux est amplifiée (le cercle rouge représente la zone de plus forte saillance de l'image). Reproduit depuis Wilkinson et al. (2014).

On peut toutefois remarquer qu'un tel mécanisme devrait tout autant permettre de sélectionner un visage présenté à l'endroit qu'à l'envers : l'amplification due à la présence des yeux sera la même dans un sens ou dans l'autre, or contrairement à la prédiction du modèle BCM, la préférence des nouveau-nés pour les visages est sensible à l'orientation (Farroni et al., 2005; Valenza et al., 1996). Une autre conséquence évidente du modèle est qu'un visage présenté de façon monoculaire n'induit pas de préférence. Une préférence pour des patterns de visages a pourtant pu être montrée chez des nouveau-nés en condition monoculaire, ces derniers portant un patch sur l'œil (Simion, Valenza, Umiltà, & Dalla Barba, 1998). Par ailleurs, il n'est pas évident que ce modèle puisse rester aussi parcimonieux que sa description originale ne le laisse suggérer pour expliquer les divers biais pour les visages que présentent les nouveau-nés (Méary, Mermillod, & Pascalis, 2014). Afin de pouvoir expliquer la disparition des préférences pour les visages inversés, il faut par exemple ajouter au modèle une contrainte favorisant le champ visuel supérieur (Wilkinson et al., 2014). L'implémentation de cette contrainte n'est pas seulement complexe, elle est de plus insuffisante, puisque la cohérence de forme entre le contour de l'objet présenté et les éléments internes qui le composent ont aussi leur importance dans l'apparition de biais visuel chez le nouveau-né (Simion, Macchi Cassia, Turati, & Valenza, 2003; Turati, 2004). Notons enfin que la redondance est en biologie gage de robustesse, et il est envisageable que plusieurs mécanismes plutôt qu'un seul agissent de concert pour orienter les visages des nourrissons vers les visages (Smith & Jayaraman, 2014).

2.1.2 Préférence pour les visages : hypothèse structurale

Morton et Johnson (1991) ont avancé une hypothèse alternative influente, basée sur un modèle à double processus transposé du fonctionnement de l'empreinte filiale chez les

oiseaux (Johnson, Bolhuis, & Horn, 1985; pour une discussion récente, voir Johnson, Senju, & Tomalski, 2014). Un premier système oriente le poussin vers les congénères (impliquant le tectum optique, homologue du colliculus supérieur chez les mammifères) et un second système (impliquant le mésopallium, l'équivalent du cortex des mammifères) contrôle l'apprentissage et la discrimination d'individus. Johnson et al. (1991, 2014; Johnson, 2005; Morton & Johnson, 1991) ont proposé d'expliquer le fonctionnement du système de perception des visages des nouveau-nés selon un modèle à double processus tout à fait similaire.

Le premier processus est un mécanisme de détection des visages, nommé CONSPEC (pour diriger vers les congénères, « conspecifics ») impliquant le colliculus supérieur. Le second processus est un mécanisme développé par l'expérience prenant en charge les autres aspects du traitement des visages, nommé CONLERN (pour l'apprentissage, « learn ») et qui serait plutôt cortical. Selon la formulation originelle, CONLERN ne commencerait pas à influencer le comportement avant deux mois, et la perception des visages serait d'abord entièrement sous contrôle de CONSPEC qui orienterait l'attention des nourrissons vers les visages. Le mécanisme CONSPEC permettrait de biaiser l'entrée visuelle afin de fournir de l'information au mécanisme CONLERN, qui pourrait alors bénéficier de cette exposition répétée pour apprendre et développer une expertise pour les visages.

Il faut ici noter que l'on considère en fait plusieurs postulats distincts. Le premier est qu'il existe une forme de réponse innée à des stimuli possédant des caractéristiques de visages dirigeant l'attention des nouveau-nés et permettant un apprentissage subséquent. Cette hypothèse est largement supportée par les données (Farroni et al., 2005; Goren et al., 1975; Johnson et al., 1991, 2014; Kleiner, 1987; Mondloch et al., 1999; Morton & Johnson, 1991; Slater & Kirby, 1998; Turati, Simion, Milani, & Umiltà, 2002). Un second postulat est que ce mécanisme soit *uniquement* sous-cortical. Ce point demeure sujet à débat, sachant qu'il est très difficile de montrer directement l'absence d'implication corticale dans la vision du nouveau-né. D'autant plus que l'existence même d'une voie visuelle entièrement sous-corticale reliée à l'amygdale chez l'adulte est en fait questionnée (Pessoa & Adolphs, 2010; Pessoa & Ungerleider, 2004). Morton et Johnson (1991) ont initialement conçu CONSPEC sous contrôle du colliculus supérieur, impliquant une détection des visages en mouvement. Pourtant, le biais pour les visages émerge aussi à la présentation de visages schématiques statiques (Valenza et al., 1996).

Enfin, nous verrons également par la suite que nombre d'apprentissages, dont notamment la reconnaissance individuelle, s'accommodent mal avec l'idée qu'un mécanisme comme CONLERN ne soit pas fonctionnel avant un ou deux mois. Si l'on accepte toutefois que quelque chose, une représentation initiale, dirige l'attention des nouveau-nés vers les visages, on peut aller en étudier la nature et le contenu.

2.1.3 *Quelle est la nature de cette représentation initiale ?*

Initialement Johnson et al. (1991; Morton & Johnson, 1991) supposaient que cette représentation de base soit simplement composée de trois tâches en configuration triangulaire, deux pour les yeux et une pour la zone nez/bouche (voir Figure 2.2, « configuration ») — et ce bien que l'effet le plus marqué d'orientation fut toujours obtenu pour le stimulus « visage » (voir Figure 2.2, « visage »).

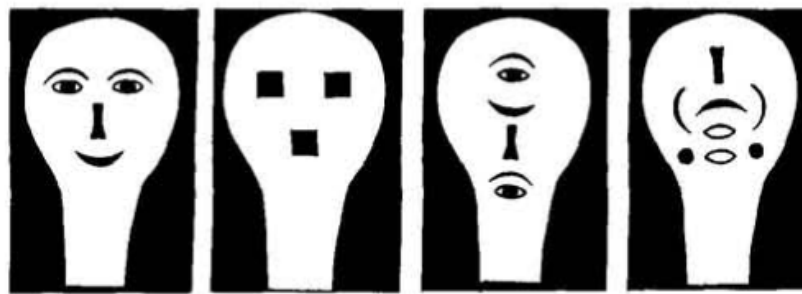


Figure 2.2: Respectivement de gauche à droite: visage, configuration, linéaire et mêlé. Notons que « visage » correspond toutefois à un visage schématique et non à une photographie. Reproduit d'après Morton et Johnson (1991).

On peut tout de suite noter qu'une configuration aussi grossière ne va pas être suffisante pour distinguer un visage humain d'un visage d'une autre espèce, en particulier un primate non-humain. Pourtant une préférence pour le visage humain par rapport à un visage de macaque a pu être montrée chez le nouveau-né (Heron-Delaney, Wirth, & Pascalis, 2011), laissant suggérer que soit les nouveau-nés ont une représentation des visages d'emblée plus complexe que supposée par Morton et Johnson (1991), soit qu'ils ont mis à jour très vite leur modèle basique de visage avec l'expérience dont ils ont pu bénéficier durant leurs quelques heures de vie. Toutefois, lorsque l'on « humanise » le visage de singe, en choisissant un singe juvénile sans trop de fourrure sur le visage ainsi qu'en ajustant les caractéristiques de bas-niveau de l'image, la préférence pour le visage humain disparaît (Di Giorgio, Leo, Pascalis, & Simion, 2012). Il faut remarquer ici que quel que soit le contenu de la représentation des

visages des nouveau-nés, leur comportement sera nécessairement contraint par leur acuité visuelle.

Aussi, le contenu de CONSPEC a évolué, à mesure que de nouvelles études montraient que d'autres propriétés avaient leur importance, notamment un contraste positif, censé correspondre à la manière dont est naturellement illuminé un visage dans l'environnement (Farroni et al., 2005), mais également la présence d'yeux ouverts (Batki, Baron-Cohen, Wheelwright, Connellan, & Ahluwalia, 2000) et engageant un contact visuel (Farroni, Csibra, Simion, & Johnson, 2002). Cet attrait pour les yeux fut d'abord interprété comme une détection de la différence de contraste entre la zone iris/pupille et sclérotique, donc une détection spécifique des yeux humains (Batki et al., 2000) qui seuls possèdent ce contraste particulier (Kobayashi & Koshima, 1997). Toutefois, lorsque des visages de singes ayant soit des yeux humains soit leurs yeux naturels (et donc sans sclérotique blanche) sont présentés à des nourrissons, la préférence n'émerge pas avant 3 mois (Dupierriex et al., 2014), discréditant une attraction spécifique pour les yeux humains chez le nouveau-né ou au minimum imposant leur présence dans un contexte facial humain.

D'autres propriétés ont été mises en évidence, comme une bordure fermée (créant une différence de contraste saillante) entourant les trois éléments yeux et nez/bouche (Turati, 2004), ainsi qu'une asymétrie haut/bas en faveur de la moitié haute du pattern dans l'organisation des éléments internes (Macchi Cassia et al., 2004; Simion, Valenza, Macchi Cassia, Turati, & Umiltà, 2002). Ce dernier point a été vu par certains auteurs comme un indice que les biais pour les visages que manifestent les nouveau-nés pourraient être issus de contraintes visuelles générales, et non spécifiques à la classe d'objet « visage », remettant donc directement en cause l'hypothèse CONSPEC.

2.1.4 Biais pour les patterns asymétriques : « top-heavy »

On retrouve bien sûr le débat spécificité/expertise dans la littérature du développement de la perception des visages, puisque la présence ou l'absence d'un système traitant spécifiquement les visages à la naissance serait un argument fort en faveur de l'une ou de l'autre position. De fait, en faisant appel au système CONSPEC, le modèle de Morton et Johnson (1991) appuie plutôt l'hypothèse de spécificité des visages. Ce mécanisme est par nature spécifique au domaine des visages, et sera le point de départ d'où va graduellement émerger le système de reconnaissance des visages adulte, par interaction avec le second

système CONLERN, plastique et modulable par les entrées visuelles auxquelles est exposé le nourrisson. Une version purement opposée correspond à l'hypothèse sensorielle (Banks & Salapatek, 1981) dont on a précédemment pu voir les limitations pour expliquer les préférences pour les visages. Dans une proposition intermédiaire, Simion et al. (2002) ont avancé que des contraintes perceptives ou attentionnelles non-spécifiques du système visuel des nouveau-nés puissent être suffisantes pour induire l'émergence du système de traitement des visages de l'adulte. Le biais principal serait une préférence pour tout pattern contenant plus d'éléments dans sa moitié supérieure (Macchi Cassia et al., 2004; Simion et al., 2002; Turati et al., 2002; Turati, 2004), que celui-ci ait ou non une configuration de visage (voir Figure 2.3).

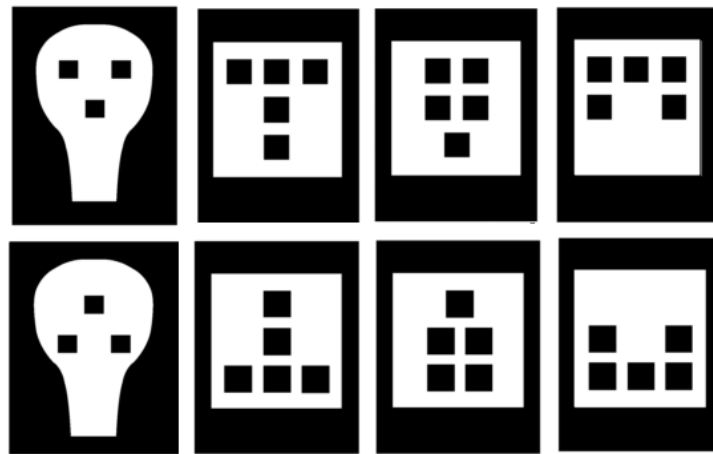


Figure 2.3: Patterns asymétriques avec plus d'éléments dans leur moitié haute (rangée du haut) ou basse (rangée du bas), les items préférés sont en haut. Reproduit depuis Macchi Cassia et al. (2004).

Cependant, l'asymétrie des éléments en elle-même n'est pas suffisante, il est nécessaire qu'elle soit associée à une certaine congruence avec la bordure qui entoure ces éléments pour induire une préférence (Simion et al., 2003; Turati, 2004). Ces résultats permettent bien d'expliquer la préférence pour le pattern « configuration » plutôt que sa version inversée (voir Figure 2.3, gauche, haut et bas), mais il faut reconnaître que la version « visage » dans la littérature du nouveau-né (voir Figure 2.2, gauche) est celle qui est toujours préférée par rapport aux autres patterns, ce qui suggère que la représentation initiale des visages des nourrissons est peut-être un peu plus complexe que ce qu'un biais top-heavy pourrait laisser supposer.

Enfin, on peut arguer que même si les nouveau-nés avaient spontanément une représentation élaborée et détaillée d'un visage (ce qui est extrêmement peu probable), leur

faible acuité ne leur permettrait pas d'associer celle-ci avec leur percept du stimulus auquel ils sont exposés. La conséquence est que cette représentation, toute détaillée qu'elle soit, ne serait guère plus efficace qu'une représentation plus grossière pour diriger une préférence, puisque le système visuel lui-même ne fournirait de toute façon qu'un percept flou et grossier. Il est évidemment plus parcimonieux d'imaginer une représentation peu détaillée, voire un biais non-spécifique. Cependant, jusqu'à quel point un biais top-heavy n'est-il pas spécifique quand on prend en compte la contrainte de l'acuité visuelle du nouveau-né ? On pourrait faire valoir qu'il s'agit en fin de compte d'un bon compromis entre spécificité de la représentation et parcimonie dans l'implémentation biologique au vu des contraintes pesant sur le système, car finalement, parmi toutes les choses ayant ces caractéristiques « top-heavy » dont les nouveau-nés vont faire l'expérience, la majorité seront des visages.

2.2 Capacités d'apprentissage chez le nouveau-né

2.2.1 Préférence pour le visage de la mère

De nombreux travaux rapportent que les nouveau-nés sont capables de discriminer entre deux individus, notamment entre le visage de leur mère et celui d'une étrangère, ce qui se manifeste par une préférence spontanée pour le visage de la mère (Bushnell, Sai, & Mullin, 1989; Bushnell, 2001; Field, Cohen, Garcia, & Greenberg, 1984; Pascalis, de Schonen, Morton, Deruelle, & Fabre-Grenet, 1995; Sai, 2005; Walton, Bower, & Bower, 1992). La nature expérientielle du phénomène est bien illustrée par la corrélation entre le temps passé par le nourrisson à regarder la mère et la force de la préférence (Bushnell, 2003). Il a été suggéré que cette préférence soit établie sur la base des contours externes des visages, puisqu'aucune préférence n'a pu être trouvée lorsque la mère et l'étrangère portaient toute deux une coiffe (Pascalis et al., 1995).

Comme il n'était pas évident qu'une photographie de visage soit traitée comme un visage réel, les premières études sur la reconnaissance de la mère ont requis la présence physique des personnes dont était présenté le visage (i.e., la mère et l'étrangère). Aussi, il a été objecté que des facteurs tels que l'odeur de la mère pouvaient avoir favorisé la reconnaissance. Pour autant, la préférence a été retrouvée en vaporisant un aérosol parfumé lors de la présentation des visages (Bushnell et al., 1989), mais aussi en utilisant des vidéos (Walton et al., 1992). La préférence du visage de la mère constitue malgré tout un cas particulier, car même si la reconnaissance peut s'effectuer par la seule modalité visuelle, il

faut reconnaître que l'apprentissage de ce visage a pu passer par l'association à d'autres modalités, que ce soit olfactive (Cernoch & Porter, 1985), ou auditive (DeCasper & Fifer, 1980). Les fœtus sont par exemple exposés à la voix de leur mère in utero, ce qui peut par la suite leur permettre un apprentissage accéléré de ce visage par association voix/visage. De fait, Sai (2005) a pu montrer qu'une exposition combinée de la voix et du visage de la mère était nécessaire dans les heures qui suivent la naissance afin d'obtenir une préférence visuelle pour le visage de la mère.

2.2.2 Apprentissage de visages étrangers

Toutefois, les nouveau-nés peuvent aussi apprendre quelque chose du visage d'un étranger, comme l'atteste la réaction à la nouveauté pour un visage après avoir été habitué³ avec un autre visage (Pascalis & De Schonen, 1994). La reconnaissance des visages chez le nouveau-né était supposée reposer exclusivement sur les éléments externes du visage, comme le laissait suggérer la disparition de la préférence pour le visage de la mère lorsque celle-ci porte une coiffe (Pascalis et al., 1995). Pour creuser plus avant cette question, Turati et al. (2006) ont entrepris de manipuler systématiquement les traits internes et externes de visages afin d'en étudier le rôle dans la reconnaissance. Paradoxalement, il s'est avéré que les traits externes tout comme les traits internes étaient chacun suffisants pour permettre la discrimination de deux visages (Turati et al., 2006). Ainsi, des nouveau-nés habitués à un visage ne possédant pas de traits externes regardaient plus longtemps en phase de test un nouveau visage également sans traits externes (voir Figure 2.4a), et de même, après habituation avec des visages sans traits internes, ils préféraient un nouveau visage sans traits internes (voir Figure 2.4 b).

³ Les méthodes de familiarisation sont décrites plus avant au Chapitre 4.

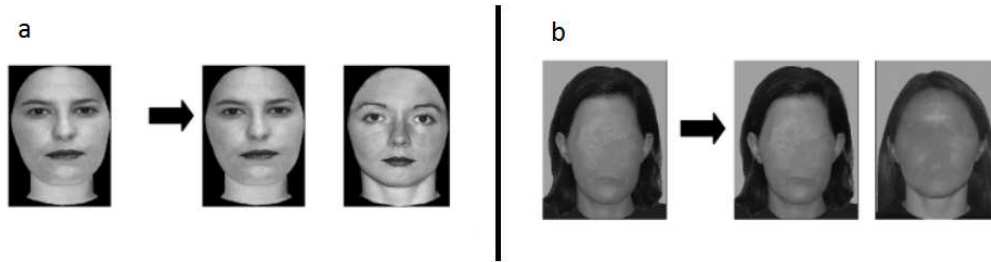


Figure 2.4: Visages sans traits externes (a) et sans traits internes (b), le visage de gauche correspond au stimulus de la phase d'habituation, les deux autres visages correspondent aux stimuli de la phase de test. Adapté depuis Turati et al. (2006).

Ces résultats semblent en contradiction avec les résultats de Pascalis et al. (1995), mais la situation n'est pas identique non plus : ici les stimuli étaient identiques en phase d'apprentissage et en test, pas dans l'étude de Pascalis et al. (1995) où les nourrissons ont appris le visage de leur mère sans la coiffe. Turati et al. (2006) ont donc fait varier les stimuli d'apprentissage et de test, habituant des nouveau-nés avec un visages puis présentant en test des visages n'ayant que les traits internes (voir Figure 2.5a), ou que les traits externes (voir Figure 2.5b). Ici, les nourrissons échouèrent uniquement dans la condition de test où seuls les traits internes étaient présentés, répliquant les résultats de Pascalis et al. (1995). Les nouveau-nés présentent donc une difficulté à reconnaître un visage lorsqu'une trop forte variation perceptive intervient entre le stimulus d'apprentissage et le stimulus de test (Turati et al., 2006), plutôt qu'une incapacité à traiter les traits internes du visage.



Figure 2.5: (a) Habituation à un visage puis test avec des visages n'ayant que les traits internes, (b) habituation à un visage puis test avec des visages n'ayant que les traits externes. Adapté depuis Turati et al. (2006).

Cela dit, la modification perceptive entre stimulus d'apprentissage et stimulus de test n'est pas la seule variable en jeu puisque la reconnaissance est maintenue dans le cas où les contours externes sont fournis en test. Turati et al. (2006) ont suggéré qu'une information saillante, (telle que l'information véhiculée par les contours externes) devait être maintenue pour obtenir une reconnaissance. Une prédiction directe serait que la présentation des

contours externes du visage de la mère devrait être suffisante pour obtenir une préférence, quoique cela n'ait à notre connaissance pas été testé.

2.2.3 Préférence pour les visages attractifs

Même parmi les visages non familiers, on peut trouver des préférences spontanées chez le nouveau-né. C'est d'ailleurs peut-être l'un des effets les plus surprenants que l'on puisse observer chez les nouveau-nés : ceux-ci regardent plus longtemps des visages jugés attractifs par des adultes par rapport à des visages jugés comme non-attractifs (Slater, Quinn, Hayes, & Brown, 2000; Slater et al., 1998; Slater, Bremner, et al., 2000). De plus, cet effet disparaît lorsque les visages sont inversés (Slater, Quinn, et al., 2000), et semble basé sur les contours internes du visage (Slater, Bremner, et al., 2000). Ici, on pourrait difficilement arguer d'une influence culturelle de l'appréciation esthétique des visages, et si la beauté est « dans l'œil de celui qui l'observe » elle n'est certainement pas dans la culture du nouveau-né. Quoiqu'il soit reconnu que l'attractivité d'un visage soit un phénomène largement multi-déterminé (pour une revue, voir Rhodes, 2006), une explication de la préférence précoce pour les visages attractifs a été proposée en termes de formation de prototype (Rubenstein, Kalakanis, & Langlois, 1999).

Initialement mis en évidence chez l'adulte, il a été montré que le moyennage de traits de différents visages produisait un visage « moyen » plus attractif que les visages qui ont servi à sa construction (Langlois & Roggman, 1990), selon une observation déjà notée un siècle auparavant par Galton (1879), et cet effet augmente linéairement avec le nombre de visages ajoutés (voir Figure 2.6). Un visage «moyen » en ce sens n'est donc pas moyen dans sa valeur d'attractivité, mais uniquement en termes de configuration faciale : il représente la configuration moyenne des traits d'une population de visages.



Figure 2.6: Exemple de prototype créé à partir de 2, 4, 8, 16 ou 32 visages d'adultes féminins européens. Adapté depuis <https://labs.la.utexas.edu/langloislab/face-perception/the-beauty-of-averageness/>

Nous reviendrons plus longuement sur les liens entre prototype et attractivité dans la section 2.4.6. En bref, si les visages attractifs sont également des visages prototypiques, ils pourraient être perçus comme plus familiers, et être préférés pour cette raison par les nourrissons. Pour que les nouveau-nés présentent une sensibilité à la typicalité d'un visage il faut d'une part, bien sûr, qu'ils aient perçus différents visages, et d'autre part, qu'ils soient capables de former un prototype après avoir vu ces visages. Sachant que les nouveau-nés testés dans les travaux de Slater (Slater, Quinn, et al., 2000; Slater et al., 1998; Slater, Bremner, et al., 2000) ont en moyenne deux ou trois jours de vie, on peut raisonnablement penser qu'ils ont perçu quelques visages en plus des stimuli présentés durant les études. De plus, Hoss et Langlois (2003) reportent une étude (non publiée toutefois) réalisée avec des nouveau-nés âgés en moyenne de 15 min – donc ayant une expérience avec les visages extrêmement limitée, sinon nulle – dans laquelle la préférence n'a pas pu être trouvée. Quant au second point, il s'avère que la capacité à former un prototype de visages préalablement présentés a pu être mise en évidence chez le nouveau-né (Walton & Bower, 1993).

Il faut noter toutefois que ce point est discuté, de Haan, Johnson, Maurer et Perrett (2001) n'ayant pu mettre en évidence un tel phénomène avant trois mois. de Haan et al. (2001) ont testé des nourrissons d'un et trois mois, familiarisés avec quatre visages, puis testés avec le prototype de ces visages, opposé à l'un des quatre visages de familiarisation. Les nourrissons plus jeunes n'ont pas montré de préférence pour l'un ou l'autre des visages, alors que les plus âgés ont préféré le visage précédemment présenté en familiarisation. Les auteurs concluent de ce résultat que les nourrissons d'un mois n'ont pas formé de prototype. On pourrait trouver surprenante une telle conclusion, sachant que si les nourrissons n'avaient pas formé de prototype, on aurait dû observer une préférence pour la nouveauté, donc pour le prototype. Dans une seconde expérience toujours testant des nourrissons d'un mois, les auteurs ont présenté à nouveau quatre visages en familiarisation, puis en test le prototype des quatre visages et un nouveau visage, de nouveau sans trouver de préférences. Si ce résultat nul est déjà plus cohérent avec l'idée que les nourrissons d'un mois n'aient pas formé de prototype, il n'en reste pas moins que ces deux résultats s'accordent mal ensemble, et ne forment pas un argument très fort à l'encontre de la formation de prototype chez le nouveau-né.

Notons enfin qu'une troisième option est de considérer que la préférence pour les visages attractifs soit liée aux propriétés de la représentation initiale du visage qu'auraient les nouveau-nés, en ce qu'elle reflèterait ce à quoi ressemble un visage en moyenne (Johnson et

al., 2014; Johnson, 2005). Johnson (2005; Johnson et al., 2014) propose que cette représentation rudimentaire des visages censée guider les préférences des nouveau-nés soit plus facilement activée par l'information des basses fréquences spatiales des visages les plus prototypiques, et partants, les plus attractifs.

2.3 Biais initiaux et expérience précoce

Nous avons pu voir que les nouveau-nés présentent un ensemble de biais perceptifs innés qui les amène à s'orienter vers les visages de leurs congénères, ce qui leur permet par la suite de développer une expertise des visages. Toutefois, les nouveau-nés font aussi montre de capacités d'apprentissage extrêmement rapide (Slater & Kirby, 1998) ce qui laisse supposer une certaine forme d'interaction entre biais initiaux et expérience perceptive précoce (Simion & Di Giorgio, 2015). Il est intéressant de remarquer que plus on spécifie les conditions d'apparition d'un comportement, et moins la distinction inné/acquis est évidente. D'aucuns n'hésitent d'ailleurs pas à qualifier « de biologiquement non plausible » (Lewkowicz, 2011) cette séparation, arguant que même des comportements en apparence aussi stéréotypés que l'empreinte chez les oiseaux se révèlent avoir une histoire développementale entremêlant facteurs génétiques et environnementaux (Gottlieb, 1991a, 1991b). En effet, si les canards colverts montrent une préférence pour les cris des membres de leur espèce dès l'éclosion, il a pu être montré que cette préférence était le résultat d'une exposition du fœtus aux cris de ses congénères ainsi qu'à ses propres vocalisations, sans lesquelles le poussin ne fera pas de distinction entre cris de congénères et cris d'individus d'autres espèces (Gottlieb, 1991a). L'exemple est ici choisi à dessein, puisque les notions même de CONSPEC et CONLERN sont basées sur l'analogie avec le fonctionnement d'empreinte filiale des oiseaux. Or, les développements de l'embryologie comportementale (Gottlieb, 1976) révèlent que le fœtus humain réagit et apprend de son environnement, que ce soit au niveau sonore (Kisilevsky et al., 2003), olfactif (Marlier & Schaal, 2005), ou encore proprioceptif (Reissland, Francis, Aydin, Mason, & Schaal, 2014). Il n'est dès lors pas invraisemblable d'imaginer qu'une représentation de visage grossière soit développée par les nouveau-nés, issue d'expérience in utero à l'aide par exemple de feedbacks proprioceptifs provenant des mouvements faciaux (Pascalis & Kelly, 2009; Quinn & Slater, 2003). On touche ici du doigt le flou de la distinction inné/acquis. Cette représentation serait « innée » dans le sens de présente à la naissance, et pourtant construite par l'expérience, « génétique » en ce qu'elle résulterait de la

maturation normale du fœtus, mais pourtant intégrant des perturbations environnementales et des comportements spontanés ou accidentels.

Quelles qu'en soient l'origine et la nature, cette représentation initiale est suffisamment fonctionnelle pour guider les premiers comportements visuels du nourrisson vers le visage des congénères qui l'entourent, qui se trouvent généralement aussi être les personnes qui vont prodiguer les soins essentiels à sa survie et avec lesquels il va former les premiers liens affectifs.

2.4 Développement de la perception des visages dans la première année

Les nouveau-nés présentent une certaine capacité à traiter et reconnaître les visages, et ce malgré une expérience des visages probablement très limitée et une acuité faible. Au cours de leur développement, les nourrissons vont être exposés à un nombre croissant de visages, et leur système de traitement des visages va continuer de se développer et sera profondément influencé par cette expérience perceptive. Parallèlement, l'acuité des nourrissons va rapidement s'améliorer au cours de la première année (Courage & Adams, 1990; Salomao & Ventura, 1995).

2.4.1 *Traitement analytique, configural et holistique chez le nourrisson*

L'étude des capacités de traitement des informations configurales et holistiques chez les personnes ayant souffert de cataracte congénitale dans la prime enfance a révélé la présence de périodes sensibles dans le développement typique du traitement des visages (Le Grand et al., 2001; Le Grand, Mondloch, Maurer, & Brent, 2003, 2004). Une période de privation de vision de la naissance à 6 mois (i.e., 4 mois en moyenne, Le Grand et al., 2001) s'est avérée être liée à des troubles du traitement configural (Le Grand et al., 2001, 2003) et holistique (Le Grand et al., 2004) à l'âge adulte. L'expérience visuelle précoce se révèle donc cruciale pour le développement de la sensibilité aux informations holistiques et configurales. A la suite de Carey et Diamond (1977; Diamond & Carey, 1977), il a longtemps été postulé que le traitement analytique précéderait à la fois les traitements configural et holistique, qui seraient tous deux la marque d'un traitement « expert » des visages n'apparaissant qu'à la suite d'un long apprentissage durant l'enfance, vers 10 ans (Carey, Diamond, & Woods, 1980; Diamond & Carey, 1986). Pourtant, des indices de l'existence d'un traitement configural peuvent être trouvés dès 6 mois, traitement apparemment plutôt pris en charge par l'hémisphère droit (Deruelle & De Schonen, 1998).

Plus récemment, Quinn et Tanaka (2009) ont pointé le fait que pour mettre en évidence une différence d'efficacité du traitement analytique par rapport au traitement configural, il fallait d'abord s'assurer que les deux tâches par lesquelles cette différence est testée soient d'égale difficulté en termes de discriminabilité des visages. Dans le cas contraire, et si la discriminabilité est en faveur des modifications locales des traits (ou des composantes locales) plutôt que de la configuration (Yovel & Kanwisher, 2004), on conçoit naturellement que les enfants et a fortiori les nourrissons soient moins performants lors de tâches

configurales. Après égalisation de la discriminabilité des deux types de modifications, les nourrissons montrent une sensibilité aux changements configuratifs dès 3-4 mois (Quinn & Tanaka, 2009), et s'avèrent même plus prompts à détecter les changements configuratifs que locaux. Si l'on ne considère toutefois que les variations normales des visages, la sensibilité aux relations configuratives émerge vers 5 mois (Hayden, Bhatt, Reed, Corbly, & Joseph, 2007) et est perturbée par l'inversion des visages (pour un effet d'inversion à 4 mois sur la reconnaissance de visage sans modification des informations configuratives, voir aussi Turati, Sangrigoli, Ruel, & de Schonen, 2004), ce dernier point étant pourtant tenu pour la marque d'un traitement « expert » (Diamond & Carey, 1986).

Le traitement holistique en tant que mise en relation des traits internes et externes des visages est également mis en évidence dès 4 mois (Ferguson, Kulkofsky, Cashon, & Casasola, 2009), bien qu'il continue de s'améliorer par la suite. Ainsi, les nourrissons vont encore traiter les yeux et la bouche de façon plutôt analytique à 4 mois puis traiter la bouche mais pas les yeux de façon holistique à 6 mois (Schwarzer, Zauner, & Jovanovic, 2007), et enfin traiter ces deux éléments en relation avec le visage entier à 8 (Schwarzer & Zauner, 2003) et 10 mois (Schwarzer et al., 2007). A nouveau, ce traitement sera affecté par l'inversion des visages, dès 7 mois (Cohen & Cashon, 2001).

Le développement du système de perception des visages va largement reposer sur l'expérience perceptive des nourrissons. Comme nous le verrons par la suite, il s'avère que cette expérience est en fin de compte assez peu diversifiée durant toute la première année de vie, et ceci ne sera pas sans conséquences sur le développement de l'expertise pour les visages.

2.4.2 Quels types de stimuli visuels voient les nourrissons ?

Afin de quantifier l'expérience avec les visages des nourrissons de 2 à 12 mois, Rennels et Davis (2008) ont fait remplir des questionnaires à des parents rapportant l'expérience hebdomadaire de leur enfant avec les personnes de l'entourage, qu'il s'agisse d'individus familiers ou non (parents compris). Les journaux ainsi recueillis comportaient des informations concernant le nombre de personnes interagissant avec l'enfant, la

fréquence/durée des interactions, mais aussi les catégories de visages auxquelles le nourrisson était exposé (âge, type⁴, sexe). Il s'est avéré que l'exposition des nourrissons aux visages est marquée de profondes asymétries. La quasi-totalité des visages rencontrés étaient du même type que les parents (i.e., 92% des interactions ont eu lieu avec des individus européens, sachant que l'étude a été réalisée aux USA), d'un groupe d'âge similaire à celui des parents (i.e., 21-39 ans, 77% des interactions), et étaient majoritairement féminins (i.e., 71% des interactions). Il faut noter que dans cette catégorie le visage de la mère tient une place prépondérante (i.e., 50% des interactions, pour 21% pour le père).

L'expérience des nourrissons est ici reportée via la perspective d'un adulte (i.e., les parents), ce qui pourrait ne pas tout à fait correspondre à l'expérience visuelle réelle du nourrisson (Smith, Yu, & Pereira, 2011). La validité de ces résultats a toutefois été confirmée récemment, à l'aide de micro-caméras montées sur le front de nourrissons d'un et trois mois (voir Figure 2.7) enregistrant leur quotidien durant leur période d'éveil sur une durée de 15 jours (Sugden, Mohamed-Ali, & Moulson, 2014).



Figure 2.7: Nourrisson de trois mois portant la caméra sur son front, cette dernière étant dans l'un des "yeux" du visage souriant afin d'être placé au plus proche des yeux du nourrisson. Reproduit depuis Sugden et al. (2014).

Sans surprise, les visages sont l'un des plus fréquents objets de l'environnement des nourrissons, puisque ces derniers passent 25% de leur temps à voir/interagir avec des visages. Les auteurs ont retrouvé les asymétries d'exposition initialement décrites par Rennels et Davis

⁴ « Type » est ici utilisé en tant que traduction de « race » en anglais et dont la traduction littérale est particulièrement malvenue en français. Le terme « type » est à notre sens plus correct que « groupe ethnique » qui relève plus de l'identification personnelle à une culture que de l'ascendance biologique à proprement parler. Nul doute par exemple que Jimmy Clegg se considère comme Zoulou bien que ses traits soient indéniablement européens.

(2008), pour le type (i.e., 96% des interactions étaient avec des individus européens), le genre (i.e., 70% avec des visages féminins), et l'âge (i.e., 81% des interactions avec des individus du groupe d'âge des parents).

A ce propos, il est intéressant de remarquer que cette dernière étude s'est déroulée à Toronto, une ville largement cosmopolite, où le pourcentage d'individus européens — bien que groupe majoritaire — ne représente que 42% de la population (Statistics Canada, 2006). Malgré cette diversité, les nourrissons ne furent que très peu exposés à des visages de types différents de celui de leurs parents. Au final, dans leurs premiers mois de vie, les nourrissons ont une expérience des visages assez peu diversifiée, composée essentiellement de visages adultes féminins européens (pour des nourrissons européens).

2.4.3 Asymétries et préférences visuelles

2.4.3.1 Espèce

S'il existe des asymétries dans l'exposition aux visages à l'intérieur de la catégorie « humain » (Rennels & Davis, 2008; Sugden et al., 2014), il semble trivial de faire remarquer que les nourrissons seront quasi exclusivement exposés à des visages humains plutôt que des visages d'une autre espèce. De fait, les nourrissons de trois mois préfèrent les visages humains aux visages de macaques (Heron-Delaney, Wirth, et al., 2011; Sanefuji, Wada, Yamamoto, Mohri, & Taniike, 2013), même lorsque les visages sont rendus sensiblement similaires en utilisant des images de jeunes singes et que les différences de bas niveau (i.e., luminance, contraste) ont été égalisées entre les stimuli (Di Giorgio et al., 2012).

Si pour des raisons éthiques évidentes il s'avère difficile de montrer expérimentalement qu'une telle préférence soit véritablement issue de l'expérience chez le nourrisson humain, les travaux de Sugita (2008) suggèrent que cette interprétation est plausible, du moins chez le macaque. En élevant des macaques sans exposition aux visages, tant macaques qu'humains (voir Figure 2.8), Sugita (2008) a pu montrer qu'à 6 mois les nourrissons ne présentent pas plus de préférences envers des visages de macaques que d'humains. Il est cependant intéressant de noter que les nourrissons macaques préféraient spontanément les visages humains *et* macaques comparativement à des objets. Si après cette période sans exposition les nourrissons macaques sont alors exposés uniquement à des visages humains pendant un mois, ils vont présenter une préférence pour ces visages, et inversement présenter une préférence pour des visages de macaques s'ils sont uniquement exposés à cette

dernière catégorie (Sugita, 2008), mettant directement en évidence une construction des préférences par l'expérience perceptive.



Figure 2.8: Un nourrisson macaque avec son soigneur portant un masque couvrant son visage. Reproduit d'après Sugita (2008).

Même lorsqu'il s'agit de différences d'exposition moins radicales, comme pour les différentes catégories de visages humains (Rennels & Davis, 2008; Sugden et al., 2014), on va tout de même observer l'émergence de biais de l'attention visuelle dirigés vers les catégories de visages les plus fréquemment rencontrées par les nourrissons.

2.4.3.2 Genre

Les nourrissons sont surexposés aux visages féminins dans la première année de vie (Rennels & Davis, 2008; Sugden et al., 2014). Cette expérience particulière est corrélée à une forte préférence pour les visages féminins chez le nourrisson européen de 3-4 mois (Quinn et al., 2002; Quinn, Uttley, et al., 2008), récemment répliquée avec un groupe de nourrissons chinois (Liu, Xiao, Xiao, et al., 2015). Cette préférence disparaît lorsque les visages sont inversés (Quinn et al., 2002) illustrant par-là que cette préférence n'est pas explicable par une simple différence de contraste entre les visages féminins et masculins, par exemple due au maquillage, ou par d'autres propriétés de bas-niveau des images. Sachant que Rennels et Davis (2008) indiquaient que dans 50% du temps les nourrissons étaient exposés au visage de

leur mère, il n'est pas improbable que ce visage ait acquis un poids plus important que les autres dans la représentation des visages des nourrissons (Quinn et al., 2002), et ce d'autant plus que les interactions avec la mère sont agrémentées de renforcements dus à la satisfaction des besoins primaires (e.g., nourriture, soins, etc.). Quinn et al. (2002) ont de plus testé un petit échantillon de nourrissons principalement élevés par leur père plutôt que par leur mère (i.e., $n = 6$, le faible nombre de participant est lié au nombre restreint de nourrissons présentant cette particularité dans la population), et ont rapporté dans ce cas une préférence pour les visages masculins, appuyant l'interprétation de la préférence en terme de familiarité avec cette catégorie de visages. Au niveau développemental, si cette préférence est très robuste à 3-4 mois, elle semble s'affaiblir à 6 mois pour finir par disparaître à 9 mois (Liu, Xiao, Quinn, et al., 2015), de façon parallèle avec l'augmentation de la prise en charge du nourrisson par des personnes de sexe masculin.

2.4.3.3 *Type*

On retrouve le même type de préférence pour la familiarité lorsqu'il s'agit du type de visage, les nourrissons européens de trois mois regardant plus longuement les visages européens plutôt que d'autres types de visages (e.g., africains, chinois, etc.) (Kelly et al., 2005), et les nourrissons chinois du même âge préférant les visages chinois par rapport à d'autres types de visages (Kelly, Liu, et al., 2007; Liu, Xiao, Xiao, et al., 2015). Inversement, des nourrissons exposés à deux types de visages (i.e., européens et africains) ne montrent pas de préférences pour l'un ou l'autre des types de visages (Bar-Haim, Ziv, Lamy, & Hodes, 2006). En outre, ces préférences sont absentes chez le nouveau-né, tant pour le type de visage (Kelly et al., 2005), que pour le genre (Quinn, Uttley, et al., 2008), soulignant le poids de l'expérience dans le développement de ces biais de l'attention visuelle. L'absence de préférence pour les visages féminins chez le nouveau-né pourrait paraître surprenante dans un sens si l'on considère que les nouveau-nés présentent une préférence pour le visage de la mère. On aurait pu envisager par exemple une préférence pour tout visage féminin issue de la préférence pour la mère, comme chez le nourrisson de 3-4 mois. Il semble plutôt que les nouveau-nés répondent à l'identité du visage sans pour autant être particulièrement sensibles aux indices de genre—le même raisonnement pouvant être tenu à propos du type de visage.

Liu, Xiao, Xiao, et al. (2015) ont récemment décrit la trajectoire développementale de ces préférences chez des nourrissons chinois, celles-ci s'estompant à 6 mois puis s'inversant à 9 mois en faveur des visages européens. On peut remarquer que ce dernier résultat est assez

inattendu, et si l'on peut imaginer un changement des préférences de la familiarité vers la nouveauté, cette interprétation n'est pas tout à fait cohérente avec le pattern développemental des préférences pour les visages féminins (Liu, Xiao, Quinn, et al., 2015). Notons toutefois que dans l'étude de Liu, Xiao, Xiao, et al. (2015), les préférences pour les visages chinois n'étaient déjà que marginales à 3 mois (i.e., $p = .081$), là où de fortes préférences pour le type familial de visage sont typiquement obtenues à cet âge (Bar-Haim et al., 2006; Kelly et al., 2005; Kelly, Liu, et al., 2007). Aussi, la réplication de ce type d'étude permettra d'exclure un éventuel biais dû aux stimuli.

2.4.3.4 Age

A la lumière des résultats précédents concernant le type et le genre, on pourrait prédire une attraction des nourrissons pour les visages du groupe d'âge des parents en regard d'une autre catégorie d'âge. Les nourrissons sont sensibles aux indices d'âges dans les visages, puisqu'ils discriminent des visages d'adultes de visage de nourrissons dès 5-6 mois (Fagan & Singer, 1979). Toutefois, peu d'études ont directement testé les préférences des nourrissons pour un groupe d'âge particulier, et les résultats se sont avérés peu concluants. Sanefuji, Ohgami, et Hashiya (2005) ont présenté des vidéos silencieuses de nourrissons ou d'adultes et n'ont pas trouvé de préférences en termes de temps de regard, chez des nourrissons de 7-8 mois. A l'inverse, McCall et Kennedy (1980) ont rapporté à 4 mois une certaine sensibilité aux caractéristiques des visages de nourrissons. Il ne s'agissait toutefois pas d'une mesure de préférence spontanée, mais d'une comparaison du temps porté sur un visage d'un groupe d'âge particulier (e.g., nourrisson) après avoir été familiarisé avec un visage d'un groupe d'âge différent (e.g., adulte). Dans ce cas, les nourrissons familiarisés avec des visages d'enfants ou d'adultes ont regardé plus longtemps des visages de nourrissons que des visages d'adultes après familiarisation avec des visages de nourrissons (McCall & Kennedy, 1980). Il s'agit là d'une manière plutôt singulière d'évaluer une préférence, et les auteurs ajoutent d'ailleurs que les temps de regards en familiarisation ne sont pas différents pour les visages d'adultes ou de nourrissons, mais que la familiarisation avec des visages de nourrissons a nécessité au final plus d'essais. Ceci pourrait tout autant signifier que les visages de nourrissons sont plus stimulants ou qu'ils sont plus difficiles à traiter, ces deux possibilités entraînant la même conséquence : un temps de familiarisation plus long (Voir Chapitre 4, section 4.1.1). Ce point est assez problématique et le même type d'ambiguïté se retrouve dans l'étude de Sanefuji et al. (2005), du fait de la présentation séquentielle des stimuli. Sur la base de ces travaux, il est donc difficile de produire une conclusion solide quant à la présence ou

l'absence de préférence pour des visages d'âge différents. Nous reviendrons plus avant sur ce point dans les chapitres suivants puisqu'une partie du travail expérimental présenté ici s'attachera à démontrer la présence de biais liés à l'âge des visages chez le nourrisson.

2.4.3.5 Des interactions entre les préférences

Il est intéressant de remarquer que les préférences pour les visages féminins chez les nourrissons de 3-4 mois restent cloisonnées au type familial de visages, les nourrissons européens ne présentant pas de préférence pour des visages asiatiques féminins par rapport à des visages asiatiques masculins (Quinn, Uttley, et al., 2008). La réciproque n'est pas vraie : les nourrissons montrent une préférence pour les visages du type familial, que ceux-ci soient masculins ou féminins (Bar-Haim et al., 2006; Kelly et al., 2005; Kelly, Liu, et al., 2007), ce qui pourrait signifier que le type de visage soit une catégorie de plus haut niveau qui englobe le genre (K. Lee, Anzures, Quinn, Pascalis, & Slater, 2011). En revanche, il a été montré que la préférence pour les visages féminins pouvait s'étendre à une autre catégorie d'âge, Quinn et al. (2010) rapportant que des nourrissons de 3-4 mois regardent plus longtemps des visages de filles par rapport à des visages de garçons (i.e., âgés de 9-10 ans). Il faut toutefois noter que les auteurs n'ont pas utilisé de vrais visages d'enfants mais ont eu recours à des prototypes de visages dans le but de rendre plus saillants les indices de genre naturellement moins marqués dans les visages d'enfants (Wild et al., 2000). Il est difficile de conclure sur la place de l'âge vis-à-vis des indices de genre et de type à partir de ces seules études, sans tester les interactions âge et type par exemple.

Concernant les interactions entre âge et espèce, il a été montré que les nourrissons d'un mois préfèrent un visage adulte humain à un visage de macaque adulte, et ce quel que soit le type de visage (i.e., européen, asiatique ou africain) mais ne montrent pas de préférence entre deux visages de nourrissons humain et macaque (Sanefuji et al., 2013). A trois mois, la préférence s'étend aux deux catégories d'âges (Sanefuji et al., 2013), mais on remarque que la taille d'effet de la préférence pour les visages humains par rapport aux visages de macaques est deux fois plus faible lorsqu'il s'agit des visages de nourrissons ou d'adultes de type non familial (i.e., d de Cohen = 1.30, et 1.00, respectivement) que lorsqu'il s'agit de visages

d'adultes de type familial (i.e., $d = 2.19^5$). Loin de conclure que les nourrissons et les visages de type non familial soient moins « humains » que les adultes familiers, cela suggère plutôt que la préférence pourrait dépendre de la relative proximité du visage présenté avec une représentation typique du visage que possèderaient les nourrissons.

Les asymétries d'exposition n'auront pas qu'un impact sur les préférences visuelles, elles vont aussi avoir une profonde influence sur le développement des mécanismes d'apprentissage et de reconnaissance des visages. L'expérience perceptive des nourrissons avec certaines catégories de visages au détriment d'autres va guider la spécialisation des mécanismes en faveur des catégories les plus fréquemment rencontrées.

2.4.4 Asymétries et traitement des visages : discrimination

2.4.4.1 Phénomène d'ajustement perceptif ou « *perceptual narrowing* »

Il a été proposé que les capacités de discrimination et de reconnaissance des visages soient graduellement ajustées aux catégories de visages auxquelles les nourrissons sont exposés (Nelson, 2001). Cette hypothèse est basée sur un parallèle avec ce qui a pu être observé pour le développement du langage où les nourrissons montrent initialement une sensibilité à une gamme de phonèmes allant au-delà de leur langue maternelle, alors que ces distinctions phonémiques ne sont plus perçues par les nourrissons plus âgés (pour une revue, voir Werker & Tees, 1999). Pascalis, de Haan, et Nelson, (2002) ont montré que ce phénomène s'appliquait également à la perception des visages, car si les nourrissons de 6 et 9 mois discriminent des visages humains, seuls les nourrissons de 6 mois sont à même de discriminer des visages de macaques (voir Figure 2.9).

De façon frappante, les nourrissons de 6 mois vont réussir à discriminer des visages là où des participants adultes échouent (Pascalis & Bachevalier, 1998; Pascalis et al., 2002). Cet effet a été répliqué avec des visages de macaques de Barbarie (Fair, Flom, Jones, & Martin, 2012) et de moutons (Simpson, Varga, Frick, & Frigaszy, 2011).

⁵ Valeurs calculés à partir des données de Sanefuji et al., (2013).

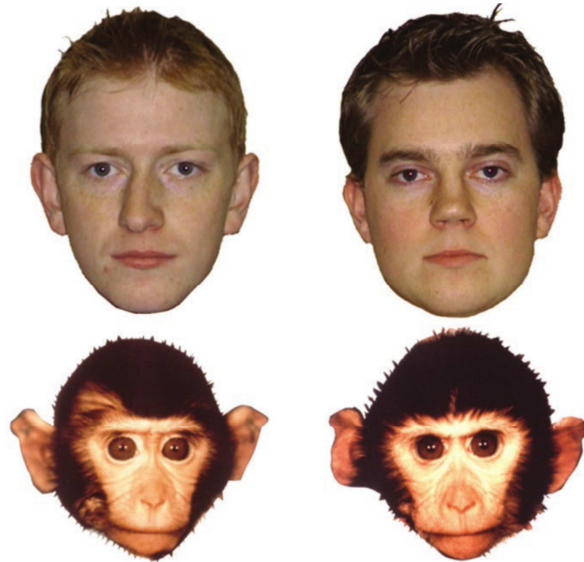


Figure 2.9: Exemple de visage d'humains (haut) et macaques (bas) utilisés dans la tâche de discrimination. Reproduit depuis Pascalis et al (2002).

On retrouve par ailleurs cet effet pour le type de visage où l'on observe une diminution des capacités de reconnaissance des visages asiatiques ou africains chez des nourrissons européens (Kelly, Quinn, et al., 2007), et une semblable diminution des capacités de reconnaissance pour des visages européens et africains chez des nourrissons chinois (Kelly et al., 2009). De même pour les catégories liées à l'âge, Macchi Cassia, Bulf, Quadrelli, et Proietti (2014) ont récemment mis en évidence que les nourrissons de 9 mois présentaient des difficultés à discriminer les visages de nourrissons qu'ils discriminent à 3 mois, alors qu'ils continuent à discriminer les visages d'adultes.

Cet ajustement perceptif (« perceptual narrowing ») aux visages couramment rencontrés peut s'interpréter comme une graduelle sélection des indices qui s'avèrent pertinents pour discriminer les visages de catégories familières associée à une relative ignorance des indices non pertinents pour ces mêmes visages – mais qui pourraient s'avérer cruciaux pour d'autres catégories. Scott et al. (2007) insistent sur l'idée qu'il s'agit moins d'une régression développementale que d'une progression dans l'efficacité à traiter les stimuli familiers de l'environnement comparativement aux stimuli moins fréquents. Ce mécanisme permet au nourrisson de s'adapter aux visages de son environnement, en partant d'un système général non spécifique progressivement ajusté à la perception et le traitement des visages familiers (Slater et al., 2010). Dans une perspective plus large englobant à la fois les aspects du développement du langage comme celui de la perception des visages, il a été

proposé de voir dans ce mécanisme une forme d'adaptation des nourrissons aux caractéristiques de leur groupe social maternel (Pascalis et al., 2014).

Les changements développementaux sous-tendant l'ajustement perceptif sont encore activement débattus, mais il est reconnu qu'il s'agit moins d'une perte totale de sensibilité que d'un ajustement du système à traiter certaines catégories de visages (Flom, 2014; Maurer & Werker, 2014). D'ailleurs, des nourrissons de 12 mois s'avèrent capables de discriminer des visages de macaques si l'on double le temps de familiarisation comparativement à des nourrissons de 6 mois (Fair et al., 2012). Un autre indice qu'il s'agit plutôt d'un ajustement à traiter les caractéristiques spécifiques des visages les plus fréquemment rencontrés est que l'ajout d'éléments saillants de visages d'une catégorie familière (i.e., des yeux humains) dans des visages d'une catégorie non familière (i.e., des visages de macaques) va permettre à des nourrissons de 9 mois de discriminer ces visages pourtant non familiers (voir Figure 2.10, Damon et al., 2015). Il ne s'agit toutefois que d'un délai car à 12 mois les nourrissons échouent malgré tout à discriminer ces visages.

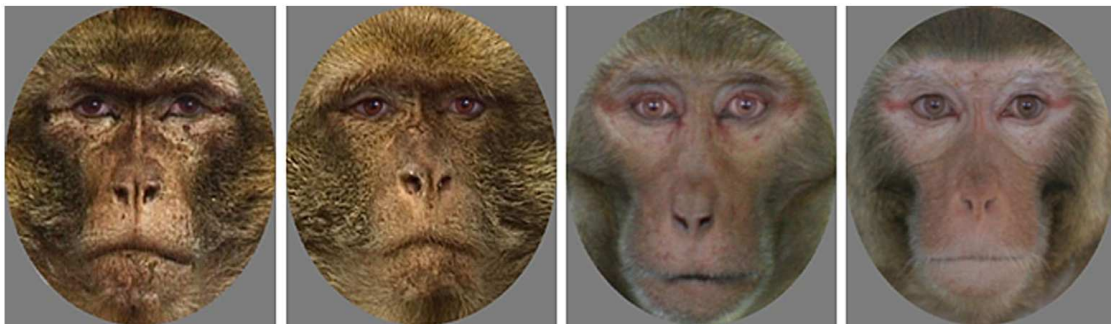


Figure 2.10: Exemple de visages de macaques avec des yeux humains. Reproduit depuis Damon et al. (2015).

2.4.4.2 Effets d'entraînement

Le corollaire de ce phénomène est que l'exposition des nourrissons à des visages habituellement peu fréquents dans l'environnement quotidien (e.g., des visages de singes) durant la fenêtre développementale de l'ajustement perceptif (i.e., entre 3 et 12 mois, Scott, Pascalis, & Nelson, 2007) devrait conduire à un maintien des capacités de discrimination pour ces visages. De fait, des nourrissons à qui les parents ont quotidiennement (pendant quelques minutes) présenté des photographies de six visages de singes macaques durant 3 mois ont par la suite montré une capacité à discriminer de nouveaux visages de macaques à 9 mois alors que d'autres n'ayant pas bénéficié de cet entraînement en étaient incapables (Pascalis et al., 2005). Les visages de macaques étaient chacun dotés d'un nom dans cette étude et il se trouve

que ce facteur avait son importance puisque lorsque le même entraînement est effectué mais en donnant cette fois un label catégoriel (i.e., « monkey ») similaire pour tous les visages plutôt qu'une appellation individuelle, les nourrissons à 9 mois échouent à discriminer les visages de macaques, tout comme les nourrissons non exposés à ces visages (Scott & Monesson, 2009). Des effets d'entraînement similaires ont été mis en évidence avec des catégories de visages humains. Ainsi, l'expérience perceptive avec des visages chinois (Anzures et al., 2012; Heron-Delaney, Anzures, et al., 2011) ou africains (Spangler et al., 2013) a permis un maintien des capacités de discrimination de ces visages chez des nourrissons européens à 9 mois. Notons toutefois que la persistance de ces effets à long terme demeure incertaine, surtout en l'absence d'exposition continue après la période de test.

Les travaux détaillés précédemment illustrent la profonde influence de l'expérience perceptive sur l'efficacité ou la difficulté avec laquelle les nourrissons vont différencier les visages en fonction de leur familiarité. L'hétérogénéité de leur expérience se reflètera naturellement aussi dans la manière de grouper les visages et de former des catégories.

2.4.5 Asymétries d'exposition et traitement des visages : catégorisation

2.4.5.1 Représentation du genre

On peut suspecter que la construction d'une représentation des visages va être biaisée vers les visages féminins, du fait de l'exposition massive des nourrissons à ces derniers dans la première année de vie. Quinn et al. (2002) ont étudié le développement de la représentation du genre chez les nourrissons de 3-4 mois et ont observé une asymétrie catégorielle dans les tâches de catégorisation de visages. Les nourrissons familiarisés avec des visages masculins ont regardé par la suite plus longtemps de nouveaux visages féminins, mais n'ont pas présenté de préférence pour un nouveau visage masculin après avoir été familiarisés avec des visages féminins. En termes de formation de catégorie, une interprétation pourrait être que les nourrissons ont formé une représentation des visages d'hommes qui exclut les visages de femmes, et une représentation des visages de femmes qui inclut les visages d'hommes. Leinbach et Fagot (1993) avaient déjà reporté une asymétrie similaire chez des nourrissons de 5 et 7 mois et, face à ce résultat intrigant, ont plutôt spéculé que les nourrissons préféraient simplement les visages de femmes, sans toutefois le vérifier expérimentalement. Comme décrit précédemment, il se trouve que les nourrissons ont effectivement une préférence pour les visages féminins (Quinn et al., 2002; Quinn, Uttley, et al., 2008). Or, les préférences

spontanées sont à même de perturber une mesure de réaction à la nouveauté (Civan, Teller, & Palmer, 2004), puisque même après une phase de familiarisation, un stimulus pour lequel le nourrisson aura une préférence pourra attirer l'attention autant – voire plus – que le stimulus nouveau en test, abolissant la réaction à la nouveauté. D'ailleurs, la diminution de la préférence pour les visages féminins (i.e., 9 mois, Liu, Xiao, Quinn, et al., 2015) correspond approximativement à l'âge d'apparition de catégories discrètes pour les visages masculins et féminins (i.e., 9 mois, Leinbach & Fagot, 1993; 10 mois, Younger & Fearing, 1999).

Quinn et al. (2002) ont aussi rapporté une autre asymétrie. Les nourrissons familiarisés avec des visages de femmes vont en test regarder plus longtemps un nouveau visage de femme, mais ne regarderont pas plus longtemps un nouveau visage d'homme après familiarisation avec des visages masculins. On peut comprendre ce résultat comme l'indice d'une certaine expertise pour les visages féminins. Les nourrissons feraient montre d'une mémoire des exemplaires, en plus du traitement catégoriel, là où les visages masculins ne seraient traités qu'au niveau catégoriel. Pour ces derniers, l'information des exemplaires serait perdue au profit d'une information globale (i.e., prototype). Notons que les auteurs s'étaient auparavant assurés que les nourrissons discriminaient les visages féminins et masculins entre eux (Quinn et al., 2002) puisque sans discrimination intra-catégorielle des exemplaires, toute tentative de mesurer la formation de catégories est réduite à un test de discrimination. Toute préférence pour le stimulus de la nouvelle catégorie constituant en fait simplement une préférence pour un stimulus nouveau par rapport à un stimulus familier.

2.4.5.2 Représentation du type

En comparaison du genre, très peu d'études ont creusé la manière dont les nourrissons catégorisent les visages en fonction du type. Anzures, Quinn, Pascalis, Slater et Lee (2010) ont montré que la capacité des nourrissons à former des catégories de visages en fonction du type de visage émerge entre 6 et 9 mois. Les nourrissons européens de 9 mois sont ainsi capables de former des catégories discrètes pour des visages féminins européens et asiatiques, alors que les nourrissons de 6 mois présentent encore une asymétrie catégorielle. On retrouve un comportement similaire à ce qui a pu être mis en évidence pour la catégorisation du genre à 3-4 mois : les nourrissons de 6 mois familiarisés avec des visages asiatiques regardent plus longtemps en test un nouveau visage asiatique, mais ne présentent pas cette augmentation de temps de regard pour des visages asiatiques après familiarisation avec des visages européens (Anzures et al., 2010). A nouveau, un lien peut être fait avec une préférence spontanée pour

les visages européens (Bar-Haim et al., 2006; Kelly et al., 2005; Kelly, Liu, et al., 2007), quoique ces préférences aient seulement été montrées chez des nourrissons de 3-4 mois, et semblent plutôt diminuer à 6 mois (Liu, Xiao, Xiao, et al., 2015).

Bien que les nourrissons de 9 mois s'avèrent capables de former des catégories discrètes pour les visages de type familial et non familial, il ne s'ensuit pas nécessairement que la qualité de la représentation soit similaire pour les deux catégories de visages. Le développement des capacités de discrimination nous a appris que les nourrissons de 9 mois présentaient une certaine difficulté à discriminer les individus de type non familial, difficulté qu'ils n'éprouvaient pas pour les visages de leur environnement typique. Cette différence va conduire à un subtil effet d'expertise : on parlera de *catégorisation* pour les visages typiques (i.e., formation de groupes discrets fait d'exemplaires similaires mais discriminables entre eux), alors qu'on parlera de *perception catégorielle* pour les visages non typiques (i.e., formation de groupes discrets d'exemplaires similaires mais difficilement discriminables)⁶. Notons qu'au final le résultat est sensiblement le même en ce qu'il conduit au regroupement d'entités partageant certaines caractéristiques au sein de groupes dans lesquels elles seront traitées comme équivalentes. Il s'agit d'un résultat certes similaire mais pas identique, et cette légère différence pourrait avoir des conséquences non négligeables. Il a ainsi été suggéré de voir dans ce phénomène une forme de précurseur à la création de biais endogroupe/exogroupe que l'on retrouve ensuite chez l'adulte (Quinn, Lee, Pascalis, & Tanaka, 2015), ce qui pourrait servir par la suite de fondation à la construction de préjugés et stéréotypes. Les nourrissons européens de 9 mois vont d'ailleurs former des catégories de visages asiatiques qui exclueront des visages européens mais inclueront de nouveaux visages d'un autre type (e.g., africain). A l'inverse, la catégorie « européen » sera totalement exclusive vis-à-vis de visages d'autres types (Quinn et al., 2015).

Si plusieurs études ont porté sur le développement de la catégorisation sur la base du type ou du genre, aucune ne s'est jusqu'ici intéressée à la catégorisation sur la base de l'âge. On peut toutefois hasarder que l'on pourrait s'attendre à des patterns de réponses asymétriques et des effets d'expertise similaires à ce qui a été montré pour le genre et le type, du fait de l'expérience différentielle des nourrissons avec certaines catégories d'âges (Rennels

⁶ Voir Chapitre 4, section 4.1.3 pour une discussion à propos de cette distinction particulière.

& Davis, 2008; Sugden et al., 2014). A nouveau, un premier pas sera l'investigation des préférences spontanées des nourrissons pour des visages de différents groupes d'âges.

2.4.5.3 Représentation de l'attractivité

Il peut paraître surprenant de considérer l'attractivité d'un visage comme une caractéristique des visages au même titre que l'âge ou le genre. Pourtant, quoiqu'en dise le sens commun, c'est également un critère assez objectif, et le jugement du caractère attractif ou non d'un visage est largement partagé, même entre cultures (Langlois et al., 2000). Bien qu'il soit important de ne pas surestimer le phénomène puisque des différences interindividuelles importantes existent malgré tout (Hönekopp, 2006), le simple fait qu'un tel jugement puisse être partagé de façon si globale est en soi étonnant. Comme vu précédemment, les nourrissons montrent très tôt une sensibilité à l'attractivité des visages (Slater et al., 1998; Slater, Bremner, et al., 2000), soulignant qu'au moins un composant de cette caractéristique des visages est indépendant des standards culturels. La préférence pour les visages attractifs est retrouvée aussi chez le nourrisson de 2 à 8 mois (Langlois et al., 1987; Samuels & Ewy, 1985), pour des visages de différents types (i.e., européen et africain, Langlois, Ritter, Roggman, & Vaughn, 1991), et de différents âges (Van Duuren et al., 2003).

Il se trouve que les nourrissons de 6 mois forment également des catégories discrètes de visages féminins attractifs et non attractifs, et sont de plus capables de discriminer les visages à l'intérieur de chacune des catégories (Ramsey, Langlois, Hoss, Rubenstein, & Griffin, 2004). Curieusement, malgré une préférence spontanée robuste pour les visages attractifs à cet âge (Langlois et al., 1987, 1991; Samuels & Ewy, 1985), on ne retrouve pas d'asymétrie dans la formation de catégories comme il a pu en être question pour la représentation du genre ou du type. Il faut remarquer que pour ces deux dernières caractéristiques, les nourrissons avaient une préférence spontanée *et* une expertise différentielle avec les catégories contrastées de visages (e.g., féminin vs. masculin), mais il est difficile d'en dire autant pour l'attractivité des visages. Il est peu probable que la majorité des nourrissons aient systématiquement plus d'expérience avec des visages attractifs (ou non attractifs d'ailleurs). On peut se demander si les asymétries dans la formation de catégories ne reflètent pas tout autant l'existence de préférence spontanée que la difficulté à traiter l'une des deux catégories, par exemple celle pour laquelle les nourrissons ont le moins d'expérience. Dans le cas de l'attractivité en revanche, les nourrissons n'ont probablement pas plus de

difficultés à traiter les visages attractifs que non attractifs, et la préférence spontanée pour les visages attractifs arrive à être surmontée après une phase de familiarisation.

Ce qui fait l'attractivité d'un visage fait l'objet d'une littérature abondante, et plusieurs composants relativement indépendants ont été isolés et différentes théories ont été proposées pour expliquer l'attraction pour les visages attractifs – tout pléonastique que cela soit. Aussi, ce phénomène mérite-t-il que l'on s'y arrête un instant.

2.4.6 Attractivité

En omettant les composantes idiosyncratiques qui peuvent rendre un visage attractif pour une personne et en se concentrant sur ce qui est partagé au niveau interindividuel, trois facteurs majeurs ont été identifiés (pour des revues, voir Little, Jones, & DeBruine, 2011; Rhodes, 2006).

2.4.6.1 Dimorphisme sexuel

Le dimorphisme sexuel se réfère aux différences de morphologie entre les sexes, généralement issues de la pression de la sélection sexuelle. Le visage humain présente un certain degré de dimorphisme sexuel, et une préférence pour les caractères dimorphiques (e.g., taille des lèvres) dans les visages humains pourrait également avoir émergé due à ce type de pression évolutive. Chez l'adulte, on trouve une bonne corrélation entre le jugement d'attractivité et la féminité des visages (V. Bruce, Burton, & Dench, 1994; Cunningham, Roberts, Barbee, Druen, & Wu, 1995; Cunningham, 1986; G. Rhodes, Chan, Zebrowitz, & Simmons, 2003). Cette corrélation est nettement moins bonne pour la masculinité dans les visages d'hommes. Perrett et al. (1998) ont effectué une manipulation expérimentale du dimorphisme sexuel en exagérant les caractères masculins ou féminins par rapport à des prototypes de visages d'hommes et de femmes. Les visages de femmes « féminisés » de cette façon furent jugés plus attractifs, mais pas les visages d'hommes « masculinisés ». Les visages d'hommes « féminisés » furent au contraire préférés. Une manipulation similaire (sur des visages de femmes uniquement) a permis de montrer une préférence pour les visages de femmes féminisés chez des nourrissons de 12 à 24 mois (Griffey & Little, 2014).

Perrett et al. (1998) font par ailleurs remarquer que l'on retrouve le même effet pour des visages de type non familial (i.e., asiatique pour des sujets européens) mais que la force de l'effet est alors bien plus faible, suggérant que ces indices sont en partie dépendant de

l'apprentissage. On peut noter qu'une telle conclusion s'accorde bien aux résultats de préférences visuelles des nourrissons, si l'on se souvient que ceux-ci montrent très tôt une préférence pour les visages féminins qui ne se généralise pas aux visages de type non familier (Quinn, Uttley, et al., 2008). Le caractère quelque peu asymétrique de l'attraction pour les indices de dimorphisme sexuel, notamment pour les visages masculins, est potentiellement lié à l'attribution de traits de personnalité négatifs (i.e., dominance) pour les visages ayant un haut degré de masculinité (Penton-Voak, Pound, Little, & Perrett, 2006; Todorov, Said, Engell, & Oosterhof, 2008), alors que les visages plus féminins profiteraient d'attribution de traits prosociaux. Il serait intéressant de tester les préférences des nourrissons eu égard à ces indices, où l'on pourrait ainsi implicitement mesurer le développement d'attribution de traits de personnalité.

2.4.6.2 *Symétrie*

Chez l'adulte, la symétrie faciale est corrélée avec l'attractivité perçue de visages réels (D. Jones & Hill, 1993; Mealey, Bridgstock, & Townsend, 1999), et des visages expérimentalement manipulés pour être plus symétriques sont aussi jugés plus attractifs (Perrett et al., 1999; Thornhill & Gangestad, 1999). Chez le nourrisson, si la sensibilité à la symétrie des visages est avérée dès 5 mois (G. Rhodes, Geddes, Jeffery, Dziurawiec, & Clark, 2002), le lien avec les préférences visuelles est moins clair que chez l'adulte. On trouve ainsi parfois des préférences pour les visages symétriques (Griffey & Little, 2014), parfois non (G. Rhodes et al., 2002; Samuels, Butterworth, Roberts, Graupner, & Hole, 1994). Griffey et Little (2014) ont proposé que cette discordance soit due en partie à la manière dont sont créés les stimuli symétriques, i.e., en associant à un demi-visage son image en miroir dans le sens de la hauteur, qui pourrait introduire une anomalie structurelle perçue comme non attractive comme c'est le cas chez l'adulte (Langlois, Roggman, & Musselman, 1994). Une telle critique peut expliquer les résultats de Samuels et al., (1994), mais pas ceux de Rhodes et al. (2002) qui n'ont pas construit les visages selon cette méthode. Aussi, Griffey et Little (2014) ont proposé que la préférence pour les visages symétriques pourrait n'apparaître que chez les nourrissons plus âgés (i.e., 12 mois). Le lien entre symétrie et attractivité vient de l'idée que la symétrie puisse servir d'indicateur de la « qualité génétique » dans le choix de partenaires sexuels (Thornhill & Gangestad, 1994; Thornhill & Møller, 1997). L'asymétrie corporelle augmente notamment avec la consanguinité, l'infection aux parasites, la pollution ou la malnutrition (Palmer & Strobeck, 1986; Parsons, 1992). Si le même type de relation existe pour la symétrie faciale, celle-ci pourrait aussi servir de signal de qualité biologique, une

préférence pour les visages symétriques aurait alors pu être sélectionnée au cours de l'évolution de l'espèce. Une préférence visuelle pour les visages symétriques a d'ailleurs pu être montrée chez d'autres primates non humains (i.e., macaques rhésus, Waite & Little, 2006). Le lien entre santé et symétrie faciale est toutefois assez faible (Little et al., 2011; G. Rhodes, 2006). Notons qu'une alternative est de considérer que ces préférences soient issues de sous-produit de la facilité à traiter les stimuli symétriques en général (Enquist & Arak, 1994; Enquist & Johnstone, 1997), quoique la diminution de la préférence pour les visages symétriques avec l'inversion suggère que ce processus est intimement lié au traitement des visages en particulier (Little & Jones, 2003). De même les résultats de Little (2014) indiquent que l'effet de la symétrie soit spécifique à sa propre espèce. Contrairement à l'observation faite pour les visages humains, où l'effet de la symétrie est facilement observé pour des sujets humains, ces derniers ne regardent pas plus longtemps des visages de singe symétriques appariés avec des visages moins symétriques.

2.4.6.3 Typicalité

Nous avons précédemment lié attractivité et typicalité des visages pour expliquer les préférences précoces des nourrissons pour les visages attractifs. La typicalité a chez l'adulte un effet fort sur l'attractivité, retrouvé dans de nombreuses études (pour des revues, voir Little et al., 2011; Rhodes, 2006). Cet effet persiste lorsque la symétrie est contrôlée (G. Rhodes, Sumich, & Byatt, 1999), ou lorsque des profils de visages prototypiques sont utilisés et où la symétrie n'intervient donc pas (Valentine, Darling, & Donnelly, 2004). Quoique la méthode de composition des stimuli modifie à la fois la structure du visage et la texture de la peau, ces deux composants ont chacun un effet relativement indépendant sur l'attractivité (Little & Hancock, 2002). Le « moyennage » de la structure et de la texture du visage conduisent tous deux indépendamment à une augmentation de l'attractivité, et la combinaison des deux est particulièrement efficace. Notons toutefois que si les visages typiques sont en moyenne plus attractifs, les visages les plus attractifs ne sont pas nécessairement typiques (Alley & Cunningham, 1991; DeBruine, Jones, Unger, Little, & Feinberg, 2007).

Les nourrissons montrent dès 6 mois une préférence pour un prototype de 32 visages féminins par rapport à des visages féminins individuels jugés non attractifs (Rubenstein et al., 1999). Toutefois, d'autres études ont échoué à trouver une préférence pour des versions de visages expérimentalement modifiés pour paraître plus ou moins typiques à 5 et 8 mois malgré une capacité à discriminer entre les deux versions (G. Rhodes et al., 2002). Dans

certains cas une préférence pour les visages les moins typiques à 12-24 mois a été observée (Griffey & Little, 2014). Dans ce dernier cas, les auteurs ont vu dans ce comportement une préférence pour la nouveauté, ou du moins pour la distinctivité qui est le pendant de la typicalité : moins un visage est typique, et plus il est distinctif. Il est possible que le contraste entre les visages typiques et non typiques de ces études ne soient pas assez important pour diriger une préférence contrairement à Rubenstein et al. (1999) où un visage typique était apparié avec un visage non attractif, exacerbant la différence entre les visages. Ces résultats laissent penser également que les préférences des nourrissons ne sont pas toujours guidées par la familiarité, et que familiarité et nouveauté pourraient être en constante compétition pour l'attention des nourrissons.

La typicalité est également un candidat biologique de la préférence pour les visages attractifs, en ce que les déviations par rapport à la moyenne peuvent signaler un désordre chromosomique (Thornhill & Møller, 1997), et que la distinctivité est négativement corrélée avec la santé perçue d'un visage (G. Rhodes et al., 2001). Ironiquement, les visages typiques pourraient aussi avoir été perçus en meilleure santé du fait d'être également plus attractif par effet de halo, mais la santé réelle corrèle également avec la typicalité du visage (G. Rhodes et al., 2001). Toutefois, cette association vient plus du lien entre distinctivité et mauvaise santé que l'inverse – tout comme l'asymétrie d'ailleurs – ce qui a conduit Zebrowitz et Rhodes (2004) à suggérer que ces indices serviraient plus de moyens d'éviter les « mauvais » partenaires sexuels, plutôt que d'opérer des discriminations fines entre des individus qui varient probablement très peu en termes de fertilité ou de santé.

2.4.6.4 L'attractivité comme sous-produit du traitement de l'information

Nous avons déjà évoqué la possibilité que les préférences pour les visages attractifs soient le résultat d'un sous-produit général du traitement perceptif. Une hypothèse est que l'attractivité pourrait être liée à la préférence pour les stimuli familiers. L'effet de simple exposition (Zajonc, 1968) est un bon exemple de processus liant affect positif et familiarité, effet qui s'avère moduler les préférences même sans souvenir conscient d'avoir été exposé à un stimulus (Bornstein, 1989). Les visages prototypiques, de par leur valeur moyenne (en termes de traits) vont nécessairement ressembler aux visages qu'un individu aura rencontrés par le passé, et pourront provoquer un sentiment de familiarité subjective, alors même que ce visage est perçu pour la première fois. Cette illusion de familiarité pourra se traduire par de fausses reconnaissances (i.e., effet du prototype : Bruce, Doyle, Dench, & Burton, 1991;

Cabeza, Bruce, Kato, & Oda, 1999; Solso & McCarthy, 1981). Notons que ce type d'effet n'est pas restreint aux participants adultes, les nourrissons présentant également un effet du prototype dans des tâches de catégorisation utilisant la procédure de familiarisation/réaction à la nouveauté. Ces derniers répondent à la présentation d'un prototype (non vu en phase de familiarisation) en phase de test comme si celui-ci était plus familier que les exemplaires vus en phase de familiarisation, tant pour des formes géométriques (Bomba & Siqueland, 1983; Quinn, 1987) que pour des visages (de Haan et al., 2001; Rubenstein et al., 1999).

On peut en outre montrer qu'il existe un lien entre typicalité, fluence perceptive et préférences, dans le sens où les stimuli prototypiques sont plus faciles à traiter et que les stimuli faciles à traiter sont préférés (Reber, Schwarz, & Winkielman, 2004; Winkielman & Cacioppo, 2001; Winkielman, Halberstadt, Fazendeiro, & Catty, 2006). De manière générale, la fluence perceptive est associée à des émotions positives lors de la présentation d'objets ou de scènes (Winkielman & Cacioppo, 2001), et récemment, de visages attractifs (Trujillo, Jankowitsch, & Langlois, 2014). La facilité de traitement ainsi que la familiarité subjective peuvent ainsi participer à l'émergence de la préférence pour les visages attractifs, du moins pour les composantes de typicalité et de symétrie. Une conséquence directe est que l'on devrait retrouver un lien entre typicalité et préférence pour d'autres classes d'objets que les visages, et il a déjà été démontré que c'est le cas pour des chiens, des oiseaux ou des montres (Halberstadt & Rhodes, 2000).

L'ensemble des travaux montre malgré tout que le lien entre attractivité et qualité biologique existe, même faible, et l'effet d'attractivité n'est nulle part plus fort que pour les visages. Les interprétations de l'attractivité en termes de mécanisme général de traitement de l'information ou d'indicateur de choix de partenaire sexuel ne sont d'ailleurs mutuellement exclusives qu'en apparence. L'attractivité pourrait être un sous-produit du traitement de l'information qui a évolué par la suite en indicateur relativement fiable de sélection de partenaire sexuel (Garcia & Ramirez, 2005). Ceci pourrait expliquer des résultats autrement difficiles à accorder avec une interprétation strictement issue de biais perceptifs généraux, comme la disparition de l'effet d'attractivité avec l'inversion des visages (Little & Jones, 2003; Quinn, Kelly, Lee, Pascalis, & Slater, 2008; Slater, Quinn, et al., 2000). Inversement, une interprétation strictement issue de la sélection sexuelle n'explique pas que les préférences pour les visages attractifs puissent être observées pour d'autres espèces chez le nourrisson (Quinn, Kelly, et al., 2008) ni que l'on puisse trouver des préférences pour les visages humains attractifs chez d'autres espèces (Ghirlanda, Jansson, & Enquist, 2002). On peut

d'ailleurs faire l'hypothèse que l'on devrait retrouver des préférences pour les visages typiques chez d'autres espèces, particulièrement des espèces proches de l'homme comme les primates non-humains.

Chapitre 3. Des visages dans l'espace

Nous avons pu entrevoir comment l'expérience avec une population de visages affectait le développement de la perception et du traitement des visages des nourrissons. La nature de cette population, par sa faible diversité, va moduler la manière dont certains visages sont traités en fonction de leur relative familiarité. Si la structure de la population de visages dont les nourrissons font l'expérience a son importance, c'est parce que les visages ne sont pas traités isolément. C'est seulement par la connaissance de multiples visages que l'on peut juger qu'un visage particulier est, par exemple, masculin, asiatique, ou typique.

3.1 Un espace multidimensionnel

Une métaphore pour décrire comment pourrait être représentée une population de visages est de concevoir les visages comme localisés dans un espace multidimensionnel (Valentine, Lewis, & Hills, 2015; Valentine, 1991, 2001). Les visages qui se ressemblent seront proches les uns des autres, et ceux qui présentent de grandes différences seront séparés par de plus grandes distances. Valentine (1991) a fait l'hypothèse d'un espace euclidien (par simplicité plus que par nécessité théorique) où la similarité entre les visages est un analogue de la distance dans le monde réel. Les dimensions de cet espace vont correspondre aux caractères sur lesquels les visages diffèrent, qu'il s'agisse de propriétés globales (e.g., âge, genre), ou de caractéristiques simples (e.g., taille de l'œil, forme de la tête). Dans la formulation originale de ce que Valentine (1991) a nommé le « face-space », le nombre et la nature des dimensions n'étaient pas spécifiés mais le *face-space* est supposé multidimensionnel afin de pouvoir rendre compte de tout critère pouvant servir à discriminer les visages entre eux.

Le visage étant un construit biologique comme les autres, et les entités biologiques variant généralement autour de distributions normales, il était également fait l'hypothèse que ses variations naturelles seraient distribuées normalement selon les dimensions. Quoique l'on puisse s'appuyer sur le théorème central-limite pour affirmer cela, Bruce, Burton et Dench (1994) ont apporté une confirmation empirique par la mesure de caractères faciaux, montrant qu'ils ne déviaient pas d'une distribution normale. Aussi, la population de visages formerait une distribution normale multivariée dans l'espace, et l'origine de cet espace multidimensionnel correspondrait à la tendance centrale de toutes les dimensions.

3.1.1 Effet de *typicalité/distinctivité* des visages

Une conséquence de cette représentation normale multivariée des visages est que les exemplaires de visages proches de la tendance centrale, i.e., du prototype, seront plus densément massés, alors que les exemplaires de visages plus éloignés du prototype seront plus espacés les uns des autres. Les premiers vont correspondre à des visages typiques puisqu'ils auront des valeurs proches de la tendance centrale selon toutes les dimensions, alors que les derniers correspondront à des visages distinctifs (voir Figure 3.1).

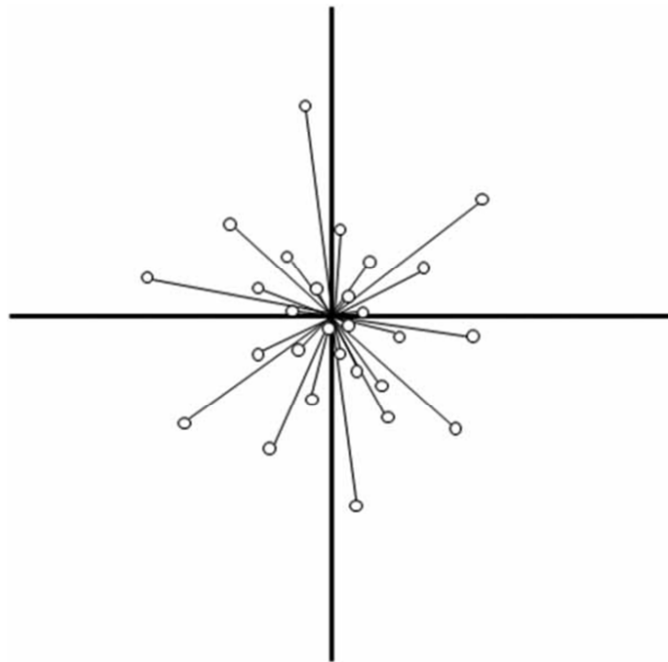


Figure 3.1: Représentation bidimensionnelle du *face-space*, les visages proches du centre sont typiques, et les visages éloignés atypiques, ou distinctifs. La représentation en deux dimensions est à but illustratif uniquement. Reproduit d'après Valentine (1991).

Les visages typiques étant, selon cette représentation, plus groupés les uns aux autres que les visages distinctifs, il s'ensuit qu'ils devraient être plus difficile à reconnaître que les visages distinctifs. En effet, une erreur à l'encodage aura plus de chance de conduire à une confusion avec un autre visage du fait de la plus grande densité des visages typiques dans l'espace par rapport aux visages distinctifs. Ceci correspond bien à ce que l'on observe au niveau comportemental, les visages distinctifs étant appris plus vite et reconnus avec moins d'erreurs que les visages typiques (Bartlett, Hurry, & Thorley, 1984; M. B. Lewis, 2004; Light, Kayra-Stuart, & Hollander, 1979; Valentine & Bruce, 1986; Valentine, 1991; Vokey & Read, 1992). En outre, on ne peut attribuer cet effet à une attention plus grande portée sur les visages distinctifs (du fait par exemple de leur apparence inhabituelle), car on peut montrer que les visages typiques sont classifiés plus rapidement comme « visage » que les visages distinctifs, par rapport à des visages aux traits mélangés (Valentine & Bruce, 1986). Dans un test de classification visage/non visage, la question est de savoir si la structure du stimulus présenté se conforme au modèle de base de visage, i.e., la moyenne ou le prototype. Un visage typique va ressembler à de nombreux autres exemplaires dans le *face-space* ce qui permettra de produire une réponse positive de façon relativement rapide. Un visage distinctif en revanche ressemblera à peu d'autres patterns dans le *face-space*, et obtiendra moins vite de support pour fournir une décision positive. Notons par ailleurs que ceci suggère que les visages typiques soient d'une certaine manière de « meilleurs » représentants de la catégorie visage, ce que l'on peut rapprocher des préférences des nouveau-nés pour les visages attractifs – dans la mesure où l'on considère les visages typiques comme attractifs.

A ce propos, le lien entre typicalité et attractivité va plus loin que les jugements portés sur des visages moyennés (Langlois & Roggman, 1990). Potter, Corneille, Ruys et Rhodes (2007) ont dérivé un *face-space* basé sur les jugements de similarité de visages et ont montré que les visages attractifs sont plus densément groupés que les visages non attractifs, rappelant les effets de typicalité. Pour représenter la densité des visages les auteurs se sont appuyés sur une méthode statistique apparentée à l'analyse multivariée. La représentation de dimensions perceptives d'un ensemble de stimuli est possible par des analyses dites de positionnement dimensionnel (« multidimensional scaling analyses », MDS). Cette méthode permet de visualiser la distance relative de stimuli en fonction de leur similarité perceptive selon plusieurs dimensions. Egalement à l'aide de cette méthode, Potter et Corneille (2008) ont montré que l'attractivité augmente à mesure que l'on se rapproche de la tendance centrale des visages. Les visages attractifs induisent aussi plus de fausses reconnaissances que les visages

non attractifs, pour lesquels on note en revanche un taux de reconnaissances correctes plus élevé (Corneille, Monin, & Pleyers, 2005; Monin, 2003). Ces résultats soulignent bien le parallèle entre typicalité et attractivité, et l'on peut s'appuyer sur les mêmes interprétations en termes de densité locale des exemplaires pour les expliquer dans le cadre du *face-space* (Potter et al., 2007; Potter & Corneille, 2008).

La distance par rapport au centre du *face-space* est ainsi tenue pour mesure indirecte de la densité locale des exemplaires de visages (la densité locale devant être comprise comme la proximité d'un visage avec ses voisins immédiats). On serait tenté d'ajouter que la plupart des visages devraient aussi occuper l'aire de plus grande densité (voir Figure 3.1) puisque dans une distribution normale environ 68% des observations sont réparties dans un intervalle de ± 1 écart-type autour de la moyenne. Ceci impliquerait que la majorité des visages soient typiques. Or, la typicalité, comme beaucoup d'autres caractéristiques, est elle aussi distribuée normalement : la plupart des visages sont jugés modérément typiques et peu d'entre eux sont jugés très typiques ou très distinctifs (Burton & Vokey, 1998; Wickham, Morris, & Fritz, 2000). S'appuyer sur les illustrations classiques bidimensionnelles (e.g., Figure 3.1) peut s'avérer trompeur dès lors qu'on envisage en réalité un espace largement multidimensionnel (M. B. Lewis, 2004; Valentine et al., 2015; Valentine, 1991, 2001). Burton et Vokey (1998) ont fait remarquer que le lien entre fréquence d'apparition et distance par rapport au centre est tout simplement faux dès lors que l'on considère un espace ayant plus de deux dimensions. En fait, plus le nombre de dimensions augmente et plus les visages seront majoritairement distribués loin du centre, à une distance correspondant approximativement au nombre de dimensions (pour un espace à 1000 dimensions, 95% des visages seront situés entre 914,3 et 1089,5 unités du centre du face space, Burton & Vokey, 1998; voir aussi Craw, 1995). Toutefois, il n'en reste pas moins vrai que les visages les plus proches du centre du *face-space* sont aussi plus proches entre eux que les visages plus éloignés (Burton & Vokey, 1998), les interprétations relatives aux effets de typicalité restent donc inchangées. Ceci implique néanmoins que les visages très typiques sont en fait rares dans la population, tout contre-intuitif que cela paraisse à première vue. Pourtant, il est peu probable qu'un visage qui peut varier sur de nombreuses dimensions soit moyen sur *l'ensemble* de celles-ci. Valentine et al. (2015) font remarquer que si les visages typiques sont rares on comprend mieux pourquoi les visages très attractifs sont aussi relativement rares, car si les visages typiques étaient très fréquents, la majorité des visages devraient aussi être attractifs.

3.1.2 Effet du type de visage

Nous avons vu dans le chapitre précédent que les visages de type non familier étaient moins bien discriminés que les visages de type familier chez le nourrisson (Kelly et al., 2009; Kelly, Quinn, et al., 2007). On retrouve un phénomène similaire chez l'adulte (pour une revue voir Meissner & Brigham, 2001), qui est communément appelé l'effet de l'autre race ou « other-race effect » (ORE). La difficulté à reconnaître et discriminer les visages de types non familier n'est pas la seule facette de l'ORE. Dans les tâches de catégorisation de visages sur la base du type, les visages de type non familier sont catégorisés plus vite que les visages de type familier (Caldara, Rossion, Bovet, & Hauert, 2004; Levin, 1996; Valentine & Endo, 1992), ce qui peut de prime abord sembler paradoxal. Pourquoi serait-on plus rapide pour catégoriser des visages que l'on a par ailleurs du mal à reconnaître ?

Dans le cadre du *face-space*, les dimensions de l'espace sont élaborées par l'expérience perceptive afin de permettre de discriminer les visages fréquemment rencontrés de façon optimale (Furl, Phillips, & O'Toole, 2002). Si une personne est ainsi exposée uniquement à un type de visage, son *face-space* va être optimisé pour reconnaître ces visages. Lorsque cette personne va rencontrer des visages d'un autre type, ces visages seront bien sûr encodés dans le *face-space*, mais n'auront pas forcément la même tendance centrale. De plus, les dimensions de l'espace étant ajustées au type de visage familier de la personne, elles pourraient s'avérer inappropriées pour opérer des discriminations efficaces sur cette nouvelle population de visages. Pour prendre un exemple, considérons le type familier comme européen et le type non familier comme asiatique. La couleur des yeux et celle des cheveux peuvent être des indices valides pour discriminer les visages européens alors que la même information ne sera pas utile pour opérer des distinctions entre les visages asiatiques qui varient peu sur ces critères. En termes de distance, les visages seraient moins bien séparés par les dimensions et par voie de conséquence plus proches les uns des autres (voir Figure 3.2). Les visages de type non familier forment un amas plus dense, éloigné de la tendance centrale de la population de visages de type familier. Ils seront ainsi perçus plus similaires entre eux.

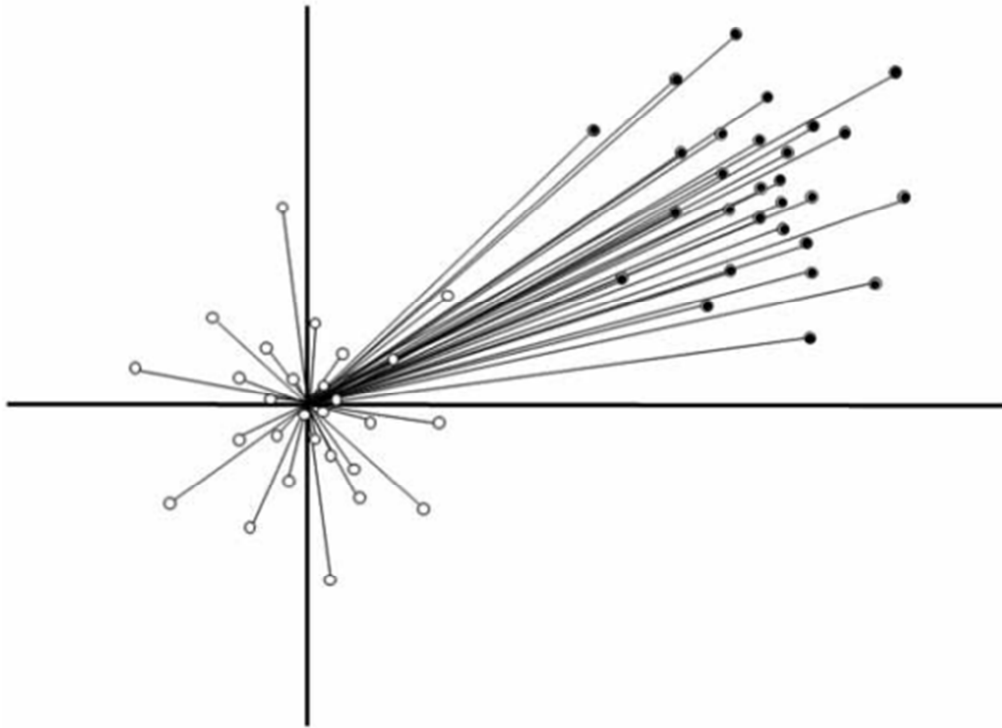


Figure 3.2: Représentation bidimensionnelle du *face-space* montrant une population de visages de type familier (disques blancs) et une population de visages d'un autre type (disques noirs). Les visages de type familier sont plus espacés selon les dimensions du *face-space*. Adapté d'après Valentine (1991).

Il faut remarquer que le trivial « ils se ressemblent tous » (Feingold, 1914), tout psychologiquement correct qu'il puisse être, ne reflète pas des différences intrinsèques de variabilité des caractéristiques faciales en fonction des types de visages : les visages asiatiques ne sont pas moins (ni plus) variables entre eux que les visages européens ou africains (Goldstein, 1979a, 1979b). Ils varient simplement sur d'autres caractéristiques, et d'ailleurs l'ORE est observé chez des participants issus de diverses populations (O'Toole, Deffenbacher, Valentin, & Abdi, 1994; Valentine & Endo, 1992). La plus grande facilité de catégorisation des visages de type non familier découle aussi de la structure du *face-space*. La propagation de l'activation pour l'ensemble du groupe des visages de type non familier (donc la catégorie) sera plus rapide comparativement aux visages de type familier, car les visages sont proches et forment un amas dense. L'ORE apparaît donc comme une conséquence naturelle du modèle (Chiroro & Valentine, 1995; Valentine & Endo, 1992). Les travaux issus de recherches empiriques et de modélisations computationnelles vont venir soutenir cette hypothèse. Byatt et Rhodes (2004) ont fait noter à des participants européens la similarité de photographies de visages asiatiques et européens, et constaté (à l'aide d'une approche

multidimensionnelle) que les jugements de similarité constituaient un espace dans lequel les visages asiatiques étaient effectivement plus densément groupés que les visages européens. La position spatiale des visages était de plus un prédicteur valide de la performance future du participant, les visages les plus groupés étant aussi les plus durs à reconnaître (Byatt & Rhodes, 2004). Des simulations connexionnistes ont aussi permis de mettre en évidence des différences de dispersion des visages en fonction du type de visages. Caldara et Abdi (2006) ont entraîné (pour un bref descriptif d'une manière courante dont les visages sont représentés dans les modèles connexionnistes, voir Encart 1) deux réseaux de neurones à discriminer des visages asiatiques ou européens (chacun des réseaux n'apprenant qu'un type de visages). Après entraînement avec un type de visages, les réseaux ont été testés avec les visages de l'autre type. Ensuite, les auteurs ont dérivé la distance euclidienne des visages pour chacun des réseaux. Il ressort de ces mesures que les visages pour lesquels les réseaux n'ont pas été entraînés (i.e., type non familier) étaient systématiquement plus regroupés que les visages d'entraînement, et ce de façon symétrique pour les deux réseaux (voir Figure 3.3).

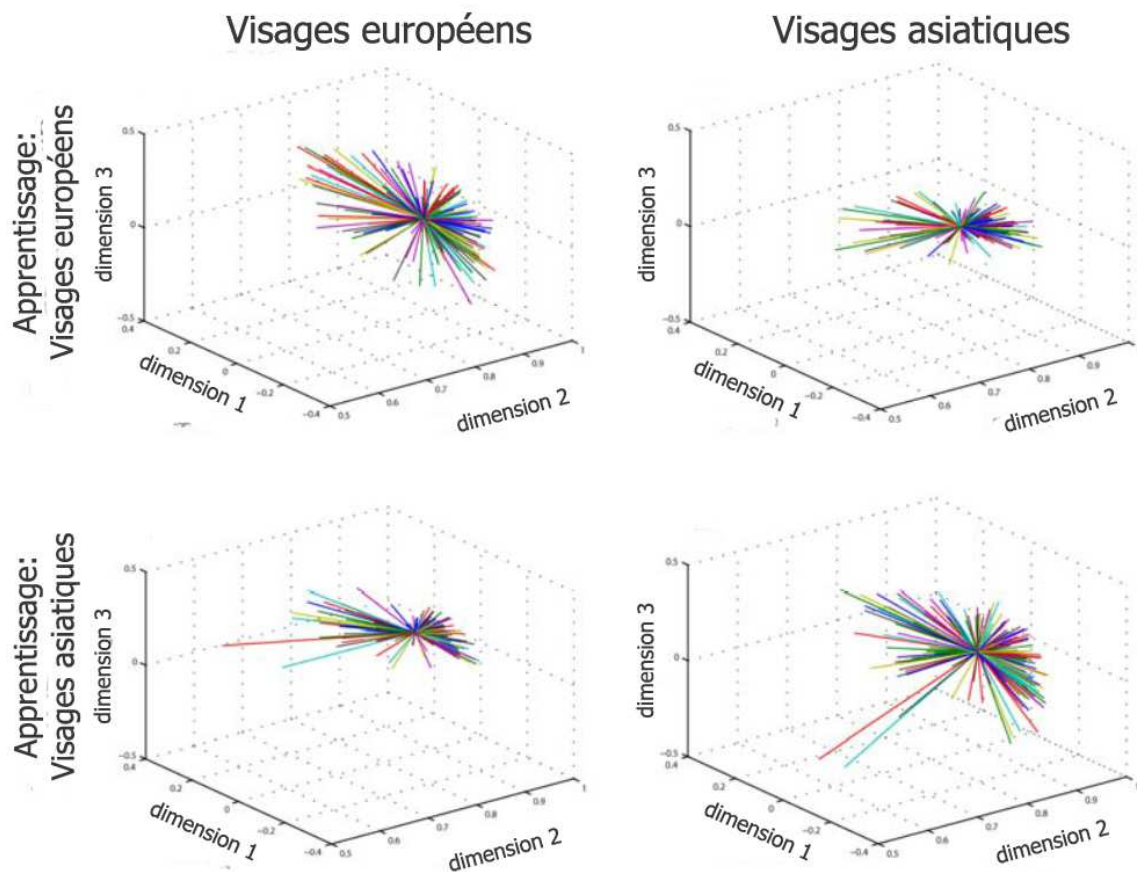


Figure 3.3: Représentation des visages selon leur distance euclidienne par rapport au barycentre, en fonction du type de visages appris (haut, apprentissage européen ; bas, apprentissage asiatique). Les trois dimensions selon lesquelles sont projetés les visages reflètent 90% de la variance. Adapté d'après Caldara et Abdi (2006).

Les visages avec lesquels les réseaux ont été entraînés (type familial) étaient bien mieux distribués dans le *face-space* que les autres visages (type non familial). Le *face-space* capturait mieux la variance pour les visages appris que non appris, illustrant bien l'idée que les dimensions du *face-space* sont adaptées aux visages rencontrés fréquemment. Tout l'intérêt de cette modélisation a été de montrer que ces propriétés de dispersion émergeaient spontanément en fonction de la structure des exemplaires appris uniquement. En outre, Caldara et Abdi, (2006) ont montré que les visages de type familial bénéficiaient d'une représentation plus élaborée, les réseaux commettant moins « d'erreurs » de genre : au niveau local, les proches voisins de chaque visage avaient plus tendance à être du même genre dans le cas des visages de type familial que non familial. De façon générale, les visages appris étaient bien mieux ordonnés en fonction de leurs similarités dans le cas des visages de type familial que non familial. Une métaphore serait de dire que les réseaux étaient relativement « aveugles » au genre dans le cas des visages de type non familial, alors qu'ils tendaient à regrouper spontanément les visages selon cette dimension dans le cas des visages de type familial. Ceci n'est d'ailleurs pas sans rappeler les préférences de genre des nourrissons qui se révèlent cloisonnées aux visages féminins des visages de type familial (Quinn, Uttley, et al., 2008).

Encart 1: Représentation statistique des visages dans un modèle connexionniste

Si le modèle du *face-space* est agnostique sur la manière dont sont représentées les dimensions, l'implémentation connexionniste en nécessite une définition explicite. Le problème est qu'entre deux visages énormément de choses varient, dont beaucoup ne sont pas pertinentes : il y a trop d'information. Une manière statistique de réduire l'information d'un ensemble de données est d'effectuer une analyse en composantes principales (PCA). Les composantes qui en seront issues—un ensemble de facteurs orthogonaux—vont pouvoir être assimilées aux dimensions qui représentent le mieux la variabilité de l'ensemble considéré. La première composante est celle qui explique le plus de variance entre les visages, la suivante correspond à la deuxième plus grande part de variance, et ainsi de suite.

Turk et Pentland (1991) ont proposé d'utiliser ce processus pour implémenter la représentation des visages dans des modélisations computationnelles. L'avantage de cette procédure est qu'elle construit explicitement, ou plutôt extrait, une représentation perceptive d'une image de visage. Les composantes principales extraites sont appelée « Eigenfaces », et capturent la variance du visage entier. Elles sont donc holistiques par nature, et si certaines sont parfois interprétables (e.g., représentation du genre, O'Toole, Abdi, Deffenbacher, & Valentin, 1995), elles sont généralement conceptuellement assez obscures.

Notons toutefois que chez l'humain adulte, des facteurs cognitifs autres que purement perceptifs entrent probablement en jeu lors du traitement des visages de types familier ou non familier, qu'il s'agisse de motivation (Sporer, 2001) ou de catégorisation sociale (Levin, 1996). Il a d'ailleurs été montré que même si l'on ne fait varier que la couleur de peau de visages européens et africains générés par ordinateur en conservant la même structure (identité), on peut tout de même obtenir des jugements de similarité conduisant à grouper plus densément les visages africains que les visages européens, chez des participants européens (Papesh & Goldinger, 2010).

3.1.3 Effet de l'âge des visages

L'âge va différer des dimensions comme le type ou le genre, puisqu'il est possible d'ordonner les visages en fonction de leur âge. Il existe une trajectoire développementale immuable : un visage de nourrisson va progressivement devenir un visage d'enfant, puis d'adolescent et enfin d'adulte. Si ce détail paraît anecdotique, il recèle toutefois une implication importante : Au niveau structurel, un visage de nourrisson sera toujours plus proche d'un visage d'enfant que d'un visage d'adulte, quels que soient les individus que l'on choisisse.

3.1.3.1 Perception de l'âge

Durant la croissance, le visage humain va subir de profondes modifications (Enlow, 1982). Les nourrissons ont une tête apparaissant ronde et large du fait de devoir abriter un cerveau plus développé que le reste du visage à la naissance, notamment le nez et les os des mâchoires. Pour la même raison, les nourrissons ont un front relativement haut et ont les éléments internes du visage (i.e., yeux, nez, bouche) situés plus bas dans le visage que les adultes. La petite taille du nez et de la bouche font paraître les yeux plus grands, comparativement au reste du visage. Lorenz (1943) a regroupé sous le terme « baby schema » ces caractéristiques infantiles, et a émis l'hypothèse que celles-ci soient un déclencheur de comportements de soins et de protection chez l'adulte. En effet, les nourrissons humains étant totalement dépendants des adultes durant une longue période, le fait que leur apparence induise des réactions positives chez les adultes qui les entourent procurerait un avantage adaptatif certain.

Il s'avère que les adultes sont effectivement sensibles à ces caractéristiques, les visages de nourrissons étant privilégiés au niveau attentionnel par rapport à des visages

d'adultes (Brosch, Sander, Pourtois, & Scherer, 2008; Brosch, Sander, & Scherer, 2007; Hodsoll, Quinn, & Hodsoll, 2010; Proverbio, De Gabriele, Manfredi, & Adorni, 2011). Il a pu être montré que le macaque japonais présente une similaire priorité attentionnelle (Koda, Sato, & Kato, 2013), ainsi qu'une préférence visuelle pour les visages de nourrissons par rapport à des visages d'adultes (Sato, Koda, Lemasson, Nagumo, & Masataka, 2012) soulignant la probable origine évolutive de cette sensibilité. De façon générale, les visages dotés des caractéristiques du baby schema sont jugés « mignons » par les adultes (Fullard & Reiling, 1976; Glocker et al., 2009; Hildebrandt & Fitzgerald, 1979; Lobmaier, Sprengelmeyer, Wiffen, & Perrett, 2010; Luo, Li, & Lee, 2011; Sprengelmeyer et al., 2009; Sternglanz, Gray, & Murakami, 1977) et les enfants (Borgi, Cogliati-Dezza, Brelsford, Meints, & Cirulli, 2014; Sanefuji, Ohgami, & Hashiya, 2007), quand bien même il s'agit de visages d'adultes portant ces caractéristiques (Kuraguchi, Taniguchi, & Ashida, 2015; Little, 2012) ou de visages de nourrissons d'autres espèces (Archer & Monton, 2011; Golle, Lisibach, Mast, & Lobmaier, 2013; Lehmann, Huis in't Veld, & Vingerhoets, 2013; Little, 2012; Sanefuji et al., 2007). L'effet du baby schema diminue à mesure que la configuration du visage du nourrisson change, et n'est plus visible après 4,5 ans (Luo et al., 2011).

La modification structurelle du visage du nourrisson vers un visage adulte a pu être approchée par une transformation mathématique dite « cardioïdale » (Mark et al., 1980; Mark, Shapiro, & Shaw, 1986; Todd, Mark, Shaw, & Pittenger, 1980). Cette transformation géométrique modélise bien les changements structuraux qui se produisent durant le développement (voir Figure 3.4). Todd et Mark (1981) ont montré que cette modélisation capturait l'essentiel de la variation du développement facial dans les études longitudinales de croissance du crâne jusqu'à l'âge adulte (e.g., 20 ans). La diminution ou l'augmentation de transformation cardioïdale de visages corrèlent bien avec la diminution ou l'augmentation de l'âge perçu par les adultes (V. Bruce, Burton, Doyle, & Dench, 1989; Mark et al., 1980, 1986; Pittenger & Shaw, 1975) mais aussi les enfants (Montepare & McArthur, 1986), suggérant que la perception de l'âge s'appuie sur cette information.

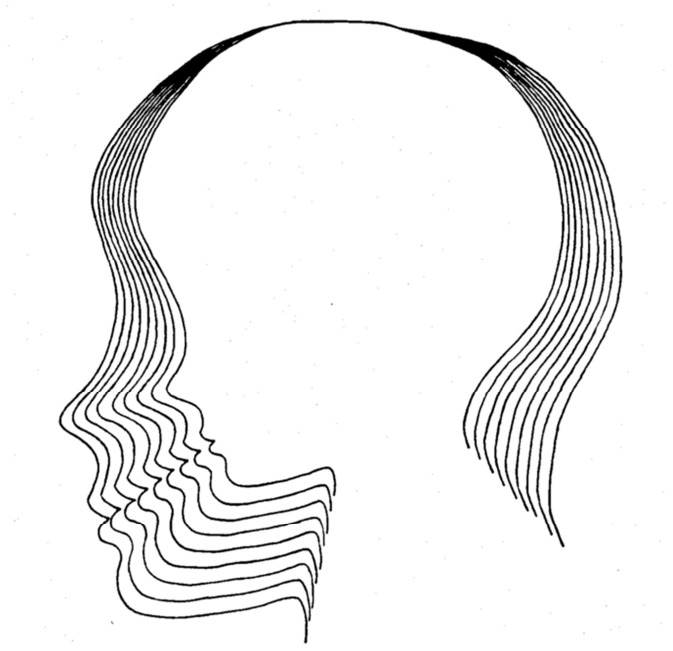


Figure 3.4: Simulation générée par ordinateur de la croissance du crâne par transformation cardioïdale, de l'enfance (contours internes) à l'âge adulte (contours externes). Reproduit d'après Todd et al. (1980)

La transformation cardioïdale modélise bien les changements structuraux jusqu'à 20 ans, mais le visage continue de changer après cet âge alors que l'on reste capable d'évaluer correctement l'âge (M. G. Rhodes, 2009). Plusieurs critères ont ainsi été identifiés comme participant au jugement de l'âge d'un visage, tels que la présence de rides (Mark et al., 1980), la texture et la couleur de la peau (Burt & Perrett, 1995) ou encore les informations configurales (George & Hole, 2000). La région des yeux semble aussi être particulièrement utilisée, du moins chez les enfants (G. Jones & Smith, 1984), probablement parce que cette zone est plus propice à développer des rides et parce que la perte de graisse des tissus fait apparaître les yeux plus petits et tombants (Enlow, 1982). On le voit, l'âge est perceptible via de nombreux critères dont ce descriptif n'épuise d'ailleurs pas l'ensemble (pour une revue, voir M. G. Rhodes, 2009).

3.1.3.2 Biais de reconnaissance lié à l'âge

Tout comme le biais de l'ORE précédemment décrit, il été montré que l'on a plus grande facilité à reconnaître les visages de son propre groupe d'âge plutôt que des visages d'un autre groupe d'âge (« own-age bias », OAB, Wright & Stroud, 2002). Ce phénomène a été documenté chez les enfants, les jeunes adultes et les adultes âgés (pour des revues, voir M. G. Rhodes & Anastasi, 2012; Wiese, Komes, & Schweinberger, 2013), et s'avère variable en fonction des groupes d'âge (Macchi Cassia, 2011). La méta-analyse de M. G. Rhodes et

Anastasi (2012) indique que si cet effet est fort chez les jeunes adultes, il est en revanche bien plus modeste chez les adultes âgés. L'expérience semble par ailleurs moduler l'OAB. Kuefner, Macchi Cassia, Picozzi, et Bricolo, (2008) ont rapporté que des adultes (± 25 ans) reconnaissaient mieux des visages de leur groupe d'âge que des visages d'enfants ou de nourrissons. De façon intéressante, l'avantage pour les visages d'adultes disparaissait si les sujets avaient une expérience quotidienne avec des enfants (Kuefner et al., 2008) ou des nourrissons (Macchi Cassia, Picozzi, Kuefner, & Casati, 2009), ce qui a conduit les auteures à conclure que cet effet est lié à l'expérience avec ces différents groupe d'âge. D'autres modulations de l'OAB en fonction de l'expérience ont par la suite pu être mises en évidence, des enfants de 3 et 6 ans ayant des frères et sœurs plus jeunes (et donc eu une exposition quotidienne à des visages de nourrissons) ne montrant pas de difficulté à traiter les visages de nourrissons (Macchi Cassia, Kuefner, Picozzi, & Vescovo, 2009; Macchi Cassia, Proietti, & Pisacane, 2013).

Toutefois, l'existence d'un OAB chez l'enfant dès 5 ans (Anastasi & Rhodes, 2005) puis à différents âges entre 5 et 10 ans (Hills & Lewis, 2011; Hills, 2012) peut laisser songeur quant à une explication strictement liée à l'expertise: les enfants voient aussi nombre d'adultes et présentent malgré tout de meilleures performances pour les visages d'enfants. Le même raisonnement peut d'ailleurs être tenu pour les jeunes adultes qui ont fatalement été jeunes un jour, et donc exposés à des visages d'enfants à l'école et présentent malgré tout un OAB par rapport à ces visages. Tout comme dans le cas de l'ORE, ce biais peut être lié à la motivation à traiter plus profondément les membres de son propre groupe (Sporer, 2001).

Notons toutefois qu'il faut une certaine expertise pour pouvoir traiter plus profondément un groupe qu'un autre. Une manière d'interpréter ces résultats dans le cadre du *face-space* serait de considérer que les dimensions sont d'abord adaptées pour discriminer certains visages lorsqu'ils sont rencontrés fréquemment (comme les visages d'enfants pour les enfants à l'école), puis sont « mises en sommeil » – ou inhibées – lorsque ces visages ne sont plus présents dans l'environnement (Hills & Lewis, 2011; Hills, 2012; Valentine et al., 2015). La présence d'effets dormants de ce type a pu être mise en évidence chez l'adulte pour la reconnaissance des visages de nourrissons. Macchi Cassia, Kuefner, et al. (2009) ont montré que des femmes qui venaient d'avoir un enfant montraient de nettes améliorations dans le traitement des visages des nourrissons à condition qu'elles aient été exposées dans leur enfance à ce type de visage par le biais de frères et sœurs plus jeunes. Dans le cas contraire, il n'était pas rapporté de notable amélioration du traitement des visages de nourrissons. Les

deux possibilités (motivation et effets dormants) ne sont d'ailleurs pas mutuellement incompatibles : l'expertise pour certains groupes d'âge peut devenir dormante, puis réactivée avec suffisamment de motivation (Valentine et al., 2015).

3.2 Un *face-space* pour deux modèles

Valentine (1991) a initialement proposé deux types de modèles du face-space, sans se prononcer sur lequel serait le plus plausible sachant que chacun d'eux conduit à peu de chose près aux mêmes prédictions. Le premier type correspond à un modèle dans lequel les visages sont encodés par rapport à un prototype de visage (ou norme, d'où l'appellation « Norm-based model »), une proposition que l'on retrouve dans des modèles antérieurs postulant une extraction de prototype (Goldstein & Chance, 1980; Valentine & Bruce, 1986). La représentation d'un visage dans cet espace va correspondre à un vecteur partant du centre du *face-space* (prototype), la longueur du vecteur indiquant la typicalité (i.e., distance à la norme) du visage et la direction son identité. Le second type de modèle est basé uniquement sur la similarité entre les visages (modèle basé sur les exemplaires, « Exemplar-based model »), inspiré des modèles d'acquisition de concepts (Krumhansl, 1978; McClelland & Rumelhart, 1985; Medin & Schaffer, 1978; Nosofsky, 1986) qui font l'économie de l'extraction explicite d'un prototype. Le centre du *face-space* n'indique dans ce cas que le point de plus grande densité locale et la similarité entre deux visages est uniquement fonction de la distance entre ces visages dans l'espace et de la densité des exemplaires environnants. Le prototype est une affaire de statistiques plus que de représentation explicite. Les modèles à exemplaires sont sensibles à la structure statistique de l'espace des exemplaires appris, mais ne nécessitent pas d'en représenter explicitement les mesures paramétriques, telles que le prototype par exemple. Nous n'entrerons pas dans le débat plus large portant sur la nature des phénomènes de catégorisation perceptive qui sous-tend la distinction entre les modèles à prototypes ou à exemplaires⁷ (Nosofsky & Johansen, 2000), et ne discuterons des effets qui tentent de les départager que dans le cadre du face-space.

⁷ D'autant plus que la différence entre les modèles de face-space « norme » versus « exemplaires » n'est pas exactement réductible à l'opposition entre les modèles de formation des concepts « à prototypes » ou « à exemplaires », en dépit de leur inspiration théorique respective avec ces modèles. Par exemple, pour chacun des

La distinction entre les deux modèles s'avère complexe car chacun d'eux suppose que la densité de visages dépend de la distance par rapport à l'origine du face-space. Même les effets de prototype évoqués au chapitre précédent (V. Bruce et al., 1991; Cabeza et al., 1999; Solso & McCarthy, 1981) peuvent trouver une explication à l'aide de modèle à exemplaires sans stockage de prototypes, puisqu'un prototype présenté en test ressemblera toujours à plus d'exemplaires qu'aucun exemplaire individuel (Hintzman, 1986; Medin & Schaffer, 1978; Nosofsky & Johansen, 2000). La différence principale est la manière dont sont stockés les visages en mémoire : de façon relative à un prototype, ou de façon absolue par rapport à tous les autres exemplaires. Toute la question réside dans le fait de savoir si le prototype joue un quelconque rôle dans le jugement de similarité des visages, question qui demeure ouverte (Valentine et al., 2015).

3.2.1 Avantage des caricatures

Il a pu être montré que les caricatures de visages sont mieux reconnues que les visages originaux, que les caricatures soient créées par des artistes (Stevenage, 1995) ou par ordinateur (Benson & Perrett, 1991; K. J. Lee, Byatt, & Rhodes, 2000; M. B. Lewis & Johnston, 1998; G. Rhodes, Brennan, & Carey, 1987; G. Rhodes, 1996). Dans le cadre du face-space, une caricature peut être considérée comme l'exagération des caractéristiques idiosyncratiques d'un visage (i.e., son identité) par rapport à la moyenne des visages. Selon le modèle basé sur la norme, la représentation de la caricature aura la même direction que le visage véridique (i.e., le même angle par rapport au prototype) mais sa magnitude sera plus importante (G. Rhodes, 1996) expliquant l'avantage de la caricature (voir Figure 3.5b). Dans un sens, une caricature exploite aussi l'effet de typicalité, en éloignant un visage du prototype on le rend moins similaire aux autres et moins susceptible d'être confondu avec d'autres, d'où une prédiction similaire d'avantage de la caricature dans un modèle basé sur les exemplaires (voir Figure 3.5a).

En déplaçant le visage en direction du prototype au lieu de l'éloigner on produira des caricatures « négatives » ou anti-caricatures. L'identité du visage sera cette fois atténuée vers

types de modèles de face-space, *tous* les exemplaires de visages sont supposés stockés en mémoire, et non pas uniquement le prototype.

la moyenne, et la typicalité du visage va augmenter. En conséquence, une anti-caricature sera moins bien reconnue que le vrai visage et, a fortiori, qu'une caricature positive (Benson & Perrett, 1991; K. J. Lee et al., 2000; M. B. Lewis & Johnston, 1998; G. Rhodes et al., 1987; G. Rhodes, 1996).

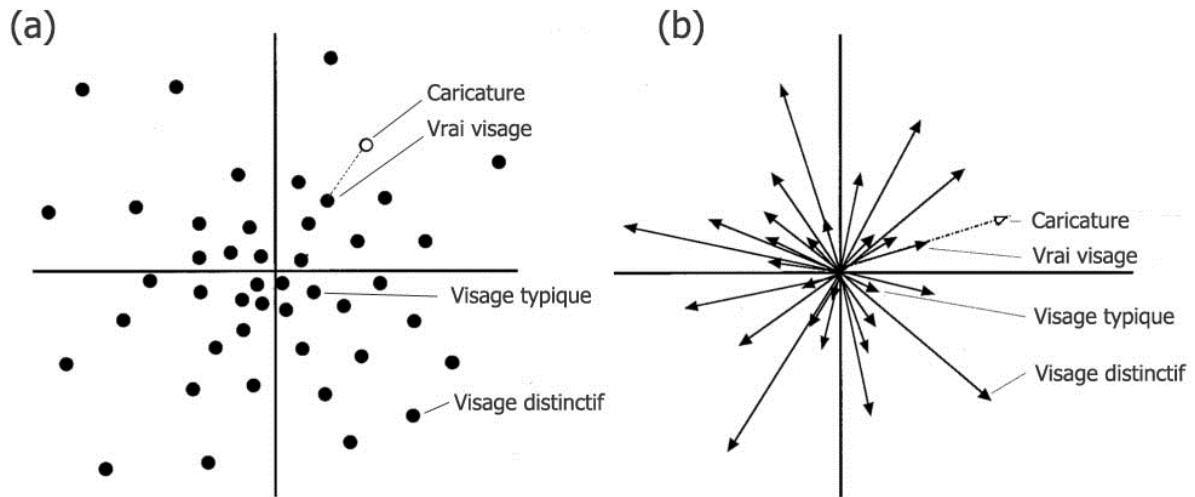


Figure 3.5: Interprétation de l'avantage de la caricature dans un modèle basé sur les exemplaires (a) et dans un modèle basé sur la norme (b). Adapté d'après Lewis & Johnston (1999).

Carey, Rhodes, Diamond, et Hamilton (1994, cité par Lewis & Johnston, 1998; Rhodes & Tremewan, 1994; Valentine, 2001) décrivent une autre sorte de caricature obtenue en déplaçant latéralement le visage, de façon orthogonale à la distorsion habituelle d'une caricature. Dans ce cas, la direction sera différente par rapport à la représentation véridique du visage, mais la distance par rapport à l'origine sera la même. Bien que les données de Carey et al. soient restées non publiées, elles suggèrent que les caricatures latérales sont plus difficiles à reconnaître que les anti-caricatures, contrairement à ce que prédit un modèle à exemplaires. Toutefois, ces conclusions préliminaires ont ensuite été réfutées par des travaux plus contrôlés (M. B. Lewis & Johnston, 1998, 1999; G. Rhodes, Carey, Byatt, & Proffitt, 1998).

3.2.2 Les visages : des points ou des régions ?

Quoique commode, la représentation d'un visage par un point unique (ou un vecteur selon le type de modèle) est en soi problématique. En effet, cela implique une représentation unique pour chaque visage, alors même que l'identité d'un visage est préservée pour divers changements mineurs (e.g., orientation, cosmétique). Lewis et Johnston (1998, 1999; Lewis, 2004; voir aussi Craw, 1995) ont suggéré qu'il serait plus approprié de voir le *face-space*

comme un ensemble de régions discrètes au sein desquelles un visage pourrait varier tout en préservant son identité. Apprendre un visage revient alors à créer les frontières des régions d'identité. Les diagrammes de Voronoi se révèlent être une manière simple et parcimonieuse de créer ces régions (M. B. Lewis & Johnston, 1998), sachant par ailleurs que ces diagrammes modélisent de nombreux phénomènes naturels (Aurenhammer, 1991).

Un diagramme de Voronoi se compose de cellules (régions) et de sites (localisation). L'idée principale est de créer des régions au sein desquelles chaque point de l'espace sera toujours plus proche de son site que de n'importe quel autre site des régions qui l'entourent. La construction d'une cellule de Voronoi autour d'un site consiste à tracer des frontières à mi-distance entre un site et les sites qui l'entourent (i.e., médiatrices), selon toutes les dimensions du *face-space* (voir Figure 3.6a). Un diagramme de Voronoi est construit uniquement à partir de la distance euclidienne entre les sites et peut être généré pour N dimensions. Dans le cadre du *face-space*, les régions vont correspondre à des portions de l'espace pour lesquelles tout stimulus tombant à l'intérieur va induire une réponse de reconnaissance de l'identité particulière correspondant au site. Les régions de la structure de Voronoi vont agir comme des champs récepteurs dans le *face-space*, et permettre une reconnaissance des visages en dépit de variations opérées sur ceux-ci. Si l'on reprend la notion de densité locale plus grande au centre du *face-space* qu'à la périphérie, on aboutit à une partition de l'espace en régions (cellules) d'autant plus petites que l'on se rapproche du centre (pour une conception apparentée – mais formulée indépendamment – considérant les sites comme des attracteurs et les régions comme des bassins d'attraction, voir Tanaka, Giles, Kremen, & Simon, 1998). Les régions correspondant à des visages typiques sont donc plus petites, et seront par conséquent plus facilement perturbées par du bruit lors de la présentation du visage à rappeler. Une quantité de bruit faible suffira à faire sortir la représentation hors de la cellule correcte, d'où un avantage de reconnaissance pour les visages distinctifs qui profitent de leurs cellules plus larges résistantes au bruit.

La différence de densité implique également que pour chacune des cellules, le site correspondant à la représentation exacte du visage est toujours légèrement décalé en direction du centre du *face-space* par rapport au centre réel de la cellule (voir Figure 3.6b). Une telle propriété implique que le stimulus optimal correspondant au centre de la cellule, sera une légère caricature du vrai visage – puisque décalé par rapport au site. Dans ce contexte, l'avantage de la caricature devient une propriété émergente du modèle.

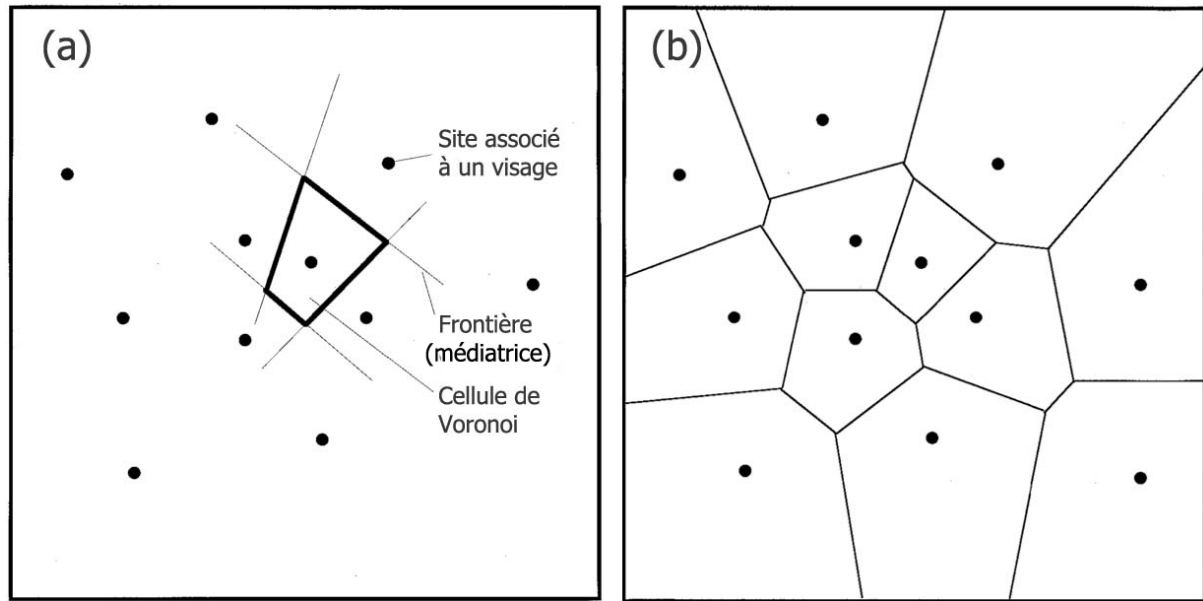


Figure 3.6: (a) Une cellule de Voronoi construite dans un espace bidimensionnel avec 11 sites (points noirs). Les sites sont séparés en traçant les médiatrices entre chacun d'eux. (b) Un diagramme de Voronoi composé de 11 cellules. On remarque que les cellules du centre sont plus petites que celles de la périphérie, du fait de la distribution des sites (également plus massés au centre). Le site de chaque cellule est toujours décalé vers le centre du *face-space* en comparaison du centre réel de la région. Adapté d'après Lewis & Johnston (1999).

Une autre conséquence de cette représentation est que l'avantage de la caricature doit être limité, puisque dès lors que l'on dépasse le centre de la cellule, on quitte la zone optimale de reconnaissance. Or, les travaux mettant en évidence l'effet de caricature montrent aussi que l'effet maximal de la caricature est limité à un certain degré de distorsion (Benson & Perrett, 1991; M. B. Lewis & Johnston, 1998, 1999; G. Rhodes et al., 1987; G. Rhodes, 1996). En outre, si le centre de la cellule est l'endroit optimal, c'est aussi parce qu'il sera le moins perturbé par le bruit à l'encodage : c'est l'endroit le plus éloigné de toutes les frontières avec d'autres identités. Ceci explique que l'effet de caricature soit moins efficace sur les présentations de qualité photographique (Benson & Perrett, 1991) que sur les présentations dégradées (Benson & Perrett, 1994; G. Rhodes et al., 1987).

3.3 Développement du face-space

Le modèle de Valentine (1991) est surtout populaire pour avoir intégré de nombreux phénomènes de la perception des visages chez l'adulte (e.g., ORE, typicalité), mais rien ne s'oppose à utiliser ce modèle pour comprendre le développement de la perception des visages dans l'enfance. Ellis (1992) a fait l'hypothèse que chez les enfants le *face-space* serait moins densément peuplé puisque ceux-ci ont naturellement rencontré moins de visages. Si cette

conjecture est peu sujette à controverse, la manière dont cet espace restreint se manifeste l'est déjà plus.

3.3.1 Modèle de développement du *face-space*

Johnston et Ellis (1995; voir aussi Ellis, 1992) ont décrit plusieurs possibilités décrivant les possibles représentations d'un *face-space* dans l'enfance (représentées Figure 3.7). Dans une première version, on peut considérer que l'espace et les dimensions seront de même nature dans l'enfance que chez l'adulte ce qui conduira simplement à un *face-space* moins densément peuplé du fait que l'enfant a rencontré moins de visages (voir Figure 3.7b). Dans ce cas, le gradient de densité sera plus faible et tous les visages devraient être plus ou moins trouvés distinctifs (Johnston & Ellis, 1995).

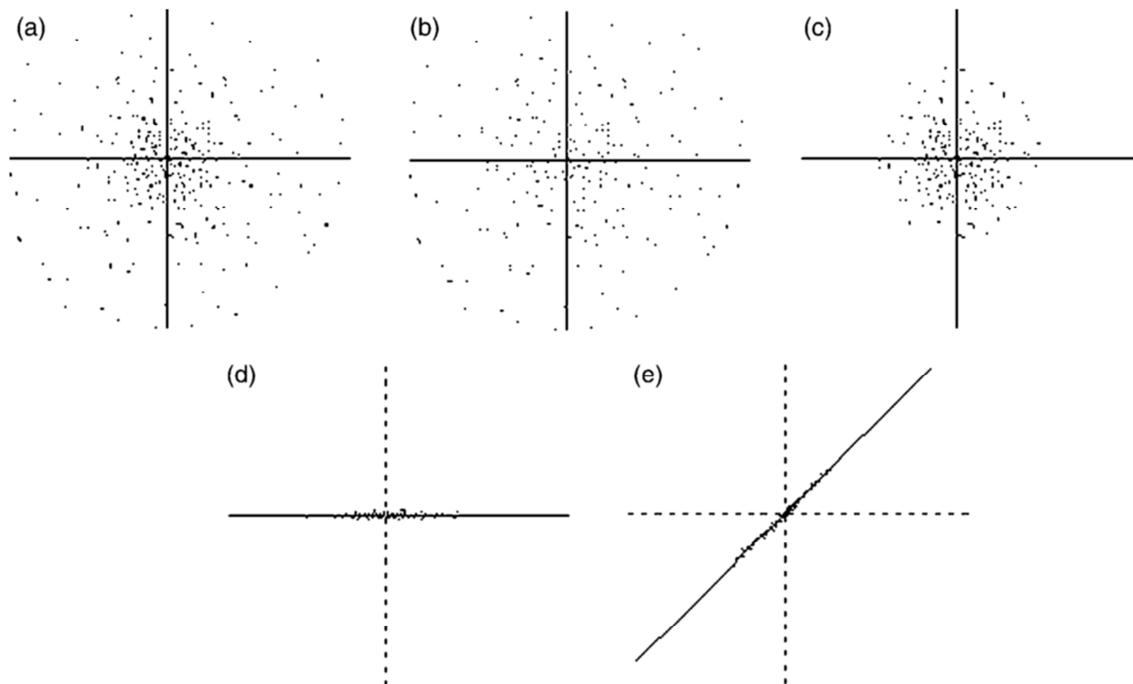


Figure 3.7 : Représentation du *face-space* adulte (a). En (b) et (c), deux versions de *face-space* possibles chez l'enfant proposées par Ellis (1992). (b) la nature et les dimensions du *face-space* sont identiques à l'adulte mais contient moins de visages, le gradient de densité y est donc plus faible. (c), l'espace est plus petit que pour l'adulte, le gradient de densité est donc similaire. En (d) et (e), deux versions supplémentaires proposées par Humphrey et Johnson (2007), (d) les visages sont encodés selon un sous-ensemble des dimensions de l'adulte, et (e) les visages sont encodés selon moins de dimensions que l'adulte et sont de nature différente (les dimensions du *face-space* adulte sont en pointillés). Adapté d'après Humphrey et Johnson (2007).

La seconde possibilité est d'imaginer que l'espace est similaire à l'adulte mais comprimé sur plus petite échelle (voir Figure 3.7c), auquel cas le gradient de densité sera

semblable à l'adulte mais les visages seront tous plus groupés entre eux, conduisant à des performances de discrimination plus faibles. Les auteurs ajoutent qu'une version alternative de ce modèle serait un *face-space* ayant moins de dimensions que l'adulte (Figure 3.7d, Figure 3.7e), ce qui conduirait aux mêmes prédictions.

Johnston et Ellis (1995) ont montré que les effets de typicalité étaient plus faibles dans l'enfance, les enfants de cinq ans ne montrant pas d'avantage à la reconnaissance des visages distinctifs malgré un avantage à la classification des visages typiques. Seuls les enfants de neuf ans montrèrent des effets semblables aux adultes (Johnston & Ellis, 1995). Aussi, les auteurs conclurent que les enfants devaient plutôt avoir un *face-space* compressé ou avec moins de dimensions que l'adulte (pour une conclusion similaire mais basé sur une MDS, voir Nishimura, Maurer, & Gao, 2009). Les dimensions pourraient ainsi être au départ moins appropriées et moins nombreuses, puis progressivement adaptées et ajoutées au cours du développement (M. B. Lewis, 2004).

Plus récemment, Hills, Holland et Lewis (2010) ont rapporté que les enfants pouvaient être adaptés à des configurations de visages non naturelles (e.g., avec des distorsions asymétriques des yeux) pour lesquels les adultes montrent peu de sensibilité (voir précédemment, Robbins et al., 2007). Ceci suggère que les enfants peuvent être adaptés selon des dimensions différentes de l'adulte, même si ces dimensions sont relativement inappropriées pour discriminer des visages. En effet dans le cas de la distorsion asymétrique des yeux, la faible variation de ce caractère dans la population rend cette dimension peu utile en termes de discrimination de visages.

3.3.2 Ajout et modifications des dimensions : cas de l'ajustement perceptif

S'il en va ainsi pour les enfants, il paraît aller de soi que les nourrissons devraient aussi encoder les visages selon des dimensions différentes des adultes. Bien que le *face-space* reste malléable à l'âge adulte, la période de la prime enfance semble critique pour développer une expertise avec diverses catégories de visages (Kelly, Quinn, et al., 2007; Maurer & Werker, 2014; Pascalis et al., 2002). Les changements opérés durant cette période facilitent d'ailleurs la plasticité du traitement des visages à l'âge adulte (e.g., Macchi Cassia, Kuefner, et al., 2009). Ainsi, le phénomène d'ajustement perceptif qui influence fortement le développement de la perception des visages dans la première année (voir chapitre 2), pourrait se rapporter à une forme de sélection et de modification des dimensions du *face-space* en

fonction des visages les plus fréquemment rencontrés (Valentine et al., 2015). Le nombre relativement faible de visages dans le *face-space* du nourrisson aide d'ailleurs probablement à opérer des changements radicaux, même avec l'exposition à peu d'exemplaires (Balas, 2012). Le développement des biais liés au type ou à l'espèce peuvent ainsi être évités moyennant l'exposition à relativement peu de visages d'autres types (Anzures et al., 2012; Heron-Delaney, Anzures, et al., 2011; Pascalis et al., 2005; Spangler et al., 2013). De semblables modifications plus tard dans l'enfance sont certes possibles (Sangrigoli, Pallier, Argenti, Ventureyra, & De Schonen, 2005) mais requièrent une expérience intensive avec plus d'exemplaires.

3.3.3 *Le face-space pour comprendre les préférences ?*

Le *face-space* des nourrissons est sans doute composé de peu de visages, et l'on a pu voir au chapitre précédent le caractère profondément asymétrique de l'exposition aux différentes catégories de visages (e.g., genre, type, âge). Un tel état de choses doit avoir certaines conséquences sur la structure du *face-space*. Il est plausible que la tendance centrale des visages soit biaisée vers un adulte féminin et européen (pour un nourrisson européen). Par ailleurs, le nourrisson est exposé majoritairement à ses parents (Rennels & Davis, 2008), dont les visages doivent peser fortement sur la représentation des visages, en particulier le visage de la mère (Quinn et al., 2002). Sachant que les visages des personnes personnellement familières (i.e., les parents, les frères et sœurs, la nourrice, etc.) sont les premières que les nourrissons doivent apprendre à discriminer, on peut concevoir que les dimensions du *face-space* vont d'abord être adaptées pour résoudre cette tâche. Ainsi, la difficulté à traiter les visages masculins (Quinn et al., 2002; Ramsey, Langlois, & Marti, 2005; Ramsey-Rennels & Langlois, 2006) pourrait suggérer que les dimensions du *face-space* sont d'abord optimisées pour discriminer les visages de femmes, majoritaires dans l'environnement.

Chez l'adulte, la proximité de la tendance centrale pour un visage corrèle avec l'attractivité (Potter & Corneille, 2008) et si l'on étend cela aux nourrissons, on peut envisager que les visages qui se rapprocheront d'un visage d'adulte féminin et européen pourront être préférés à des visages d'autres catégories plus éloignées du prototype. Ceci rejoint les interprétations des préférences en termes de familiarité rapportées pour le genre (Quinn et al., 2002), le type (Kelly et al., 2005) ou l'espèce (Di Giorgio et al., 2012), et pourrait leur fournir un cadre intégratif.

Si le terme familiarité est employé, notons qu'il s'agit là d'une familiarité catégorielle mais non individuelle : les nourrissons montrent des préférences visuelles pour des individus personnellement non familiers mais dont le visage partage des caractéristiques avec des personnes réellement familières. La familiarité pourrait ainsi se comprendre comme la distance par rapport au prototype : lorsque deux visages sont présentés les nourrissons montreraient une préférence pour le visage possédant la distance la plus faible par rapport au prototype. Ce lien n'est pas nécessairement absolu toutefois, et la différence de distance entre les deux visages et le prototype pourrait nécessiter de dépasser une certaine limite pour qu'apparaisse une préférence. Ceci expliquerait par exemple l'absence de préférence pour les visages féminins pour les visages de type non familier (Quinn, Uttley, et al., 2008). Les visages d'autres types étant moins bien séparés (donc espacés) dans le *face-space* (Hayden, Bhatt, Joseph, & Tanaka, 2007), la différence de distance entre des visages asiatiques masculins et féminins et le prototype serait plus faible que celle entre des visages européens masculins et féminins (pour des nourrissons européens). En conséquence, les nourrissons ne montreraient pas de préférence pour les visages féminins dans le cas des visages asiatiques.

Cette interprétation semble implicitement se référer à un modèle basé sur la norme pour expliquer les préférences. Il n'en va pas nécessairement ainsi, car la proximité de la tendance centrale est aussi un indice de la facilité de traitement, puisque l'on tombe sur des valeurs de dimensions rencontrées plus fréquemment que les autres et pouvant bénéficier du traitement effectué dans le passé. Cette facilité de traitement peut guider les préférences (Reber et al., 2004; Reber, Winkielman, & Schwarz, 1998; Winkielman et al., 2006), et la distance par rapport au prototype n'a dès lors pas besoin d'être encodée en tant que telle pour avoir un effet dans l'émergence des préférences.

Un autre mécanisme découlant de la structure du *face-space* en développement pourrait aussi participer à la formation des préférences pour les catégories familières de visages. Humphreys et Johnson (2007) ont étudié le développement des régions d'identités (voir précédemment : diagrammes de Voronoi, Lewis et Johnston, 1999, ou attracteurs et bassins d'attraction, Tanaka et al., 1998) chez le nourrisson entre 4 et 7 mois. Les auteurs ont testé le pourcentage nécessaire d'une identité dans un visage pour que les nourrissons remarquent un changement d'identité. Pour ce faire, Humphreys et Johnson (2007) ont construit des visages intermédiaires entre deux visages représentant deux individus différents. En intégrant par exemple 10% de l'un et 90% de l'autre, puis 20% de l'un et 80% de l'autre et ainsi de suite, ils ont créé des visages formant une sorte de continuum entre les deux identités.

Les nourrissons furent ensuite habitués à une identité (en fait les auteurs ont utilisé les stimuli 90%-10% et 10%-90% comme visages d'habitation au cas où le processus de création des visages altérerait les stimuli d'une manière ou d'une autre), puis présentés en test avec cette identité ou l'un des visages du continuum. Humphreys et Johnson (2007) ont montré que 90% de la nouvelle identité étaient nécessaires aux nourrissons de 4 mois pour obtenir une réaction à la nouveauté, alors que 70% étaient nécessaires à 7 mois. Ceci suggère que la région d'identité formée par les nourrissons de 4 mois était assez large pour englober toutes les modifications du visage d'apprentissage. Toutes les autres proportions de modification étaient traitées comme familières. En revanche, les nourrissons de 7 mois ont présenté une réaction à la nouveauté pour un pourcentage plus réduit de la nouvelle identité (70%) illustrant une réduction de la zone d'identité avec l'âge. Humphreys et Johnson (2007) ont conclu que les régions d'identité des nourrissons pourraient ainsi être plus larges tant que ceux-ci n'ont pas appris dans quelles mesures un visage particulier peut varier : un nouveau visage présentant des caractéristiques d'un visage qui vient d'être appris sera jugé familier. On pourrait apparenter ce résultat à une fausse reconnaissance, et une telle interprétation fait écho à ce que Johnston et Ellis (1995) avaient remarqué en étudiant l'effet de typicalité chez l'enfant. Les auteurs avaient noté que l'absence d'avantage de reconnaissance pour les visages distinctifs était surtout liée à un taux de *fausses alarmes* plus élevé, et non à un meilleur taux de reconnaissance des visages typiques. En somme, de manière générale, les enfants plus jeunes avaient plus tendance à faire plus de fausses reconnaissances que les enfants plus âgés.

Le *face-space* des nourrissons contient certes peu de visages mais on peut raisonnablement imaginer que le visage de la mère au minimum y réside, et sera peut-être proche de ce qui représente la tendance centrale. Dès lors, si l'on considère que la région d'identité de la mère est large, on pourrait imaginer que la préférence pour les visages féminins découle en fait d'une fausse reconnaissance de la mère. Si la région englobe une grande partie de l'espace, il y aura plus de chances d'obtenir une préférence « au hasard » en présentant un visage féminin quel qu'il soit, opposé à un visage masculin. La probabilité sera d'autant plus grande que l'environnement de l'enfant sera féminin, par exemple une nourrice, puisque cela ajoute d'autres régions d'attraction qui pourront potentiellement produire une fausse reconnaissance en faveur des femmes. Un raisonnement similaire peut être tenu pour les préférences de type ou d'espèce, pour lesquelles une préférence issue d'une fausse reconnaissance pourra en outre bénéficier de la région d'identité du père. Cette interprétation à l'avantage de fournir un mécanisme expliquant l'apparition et la disparition des préférences

de genre (Liu, Xiao, Quinn, et al., 2015) et de type (Liu, Xiao, Xiao, et al., 2015) avec l'âge. En effet, les régions d'identité diminuant de taille au fur et à mesure que les nourrissons apprennent dans quelle mesure les visages varient, les fausses reconnaissances deviennent moins probables, et finalement, disparaissent. Le seul moyen d'obtenir une préférence sera alors de présenter le visage de la personne familière, ce qui correspondra en fin de compte moins à une préférence qu'à une reconnaissance de la personne présentée.

Problématique

L'objectif général de l'ensemble des études consiste à préciser les mécanismes de formation des préférences des nourrissons pour les visages en les intégrant dans le cadre du modèle multidimensionnel du *face-space*. Cette approche vise à proposer un processus psychologique rendant compte des préférences dites de « familiarité » que l'on observe dans la première année de vie. Un second objectif est l'investigation de biais liés à l'âge, en particulier pour les visages d'adultes par rapport à d'autres catégories de visages. Cet objectif est en réalité imbriqué dans le premier puisque c'est par l'étude des biais liés à l'âge que nous chercherons à montrer le lien entre les préférences et la structure de la représentation des visages des nourrissons.

Nous présenterons six études comportementales chez le nourrisson humain de 0 à 12 mois portant sur le développement de la perception de l'âge dans les visages, ainsi qu'une étude comparative incluant des nourrissons humains (12 mois) et macaques (3 mois) traitant de la préférence pour les visages en fonction de la distance avec un visage prototypique. Cette dernière étude vise à illustrer la nature générale du mécanisme induisant les préférences des nourrissons.

PARTIE EXPERIMENTALE

Chapitre 4. Méthode Générale et considérations méthodologiques

4.1 Et les nourrissons purent voir...

Il n'est pas exagéré d'affirmer que sans mesure du temps de regard nous ne saurions que peu de chose du développement cognitif du nourrisson. Il aura toutefois fallu attendre la fin des années 50 pour que la conception de la vision des nourrissons par William James d'une « blooming, buzzing confusion » soit remise en question par des résultats expérimentaux (Fantz, 1961). Tirant parti de la propension naturelle de divers organismes à diriger leur regard vers certains stimuli plutôt que d'autres Robert Fantz (1956) a développé une méthode et un paradigme de mesure du temps de regard, dont il a montré l'applicabilité sur des poussins (Fantz, 1958a), des nouveau-nés chimpanzés (Fantz, 1958c) et finalement des nourrissons humains (Fantz, 1958b). Par la suite, Fantz, (1961, 1963) a présenté des paires de formes à des nouveau-nés humains et remarqué que ceux-ci regardaient systématiquement l'une des cibles plutôt que l'autre, ce qui l'a fait conclure que les nouveau-nés *discriminaient* les cibles sur la base de leur forme — illustrant accessoirement que les nouveau-nés étaient loin d'être aveugles. La même année, Berkson et Fitz-Gerald (1963) ont rapporté un autre comportement visuel capital : les nourrissons chimpanzés regardent de moins en moins un pattern présenté de façon répétée. Fantz (1964) a étendu cela aux nourrissons humains et ajouté que la diminution de l'intérêt porté au stimulus répété est parallèlement associée à un gain d'intérêt pour un stimulus nouveau. La procédure de réaction à la nouveauté était née. Depuis, la plupart des protocoles expérimentaux utilisant le temps de regard vont ainsi dériver des travaux pionniers de Fantz.

4.1.1 Préférence visuelle

La procédure de préférence visuelle va donc être une mesure du temps de regard spontané porté sur deux stimuli différents, un temps de regard supérieur vers l'un ou vers l'autre étant considéré comme une « préférence ».

Si cette interprétation n'est nécessairement qu'une inférence chez le nourrisson préverbal, cela reste une explication plausible, et à tout le moins, avérée chez l'adulte (Shimojo, Simion, Shimojo, & Scheier, 2003). Ce paradigme est une manière de mesurer les préférences que les nourrissons « apportent » au laboratoire, qu'elles soient intrinsèques ou liées à un apprentissage antérieur dans l'environnement naturel. Les tests de préférences visuelles qui seront utilisés dans les travaux suivants comporteront toujours deux images côte à côte. Il faut noter qu'une variante de ce procédé consiste à présenter des images séquentiellement et d'enregistrer le temps de regard pour chaque image l'une après l'autre. L'inconvénient de cette méthode tient dans l'interprétation qui sera faite du temps de regard. Un temps de regard plus long peut tout autant être l'indice d'une préférence que d'une difficulté de traitement (Ramsey et al., 2005). La présentation simultanée des stimuli impose au nourrisson de diviser son attention vers les deux stimuli. Toute différence de temps de regard rendra ainsi mieux compte de la valeur d'attraction, en termes de saillance attentionnelle, de l'un des stimuli par rapport à l'autre qu'une présentation séquentielle. Par ailleurs, lorsque l'on observe une préférence visuelle pour un stimulus avec une présentation simultanée il est possible de conclure que le nourrisson a nécessairement discriminé les deux stimuli, conclusion qu'il est plus difficile de tenir lorsque les stimuli ne sont pas présentés simultanément. Enfin, de manière générale, les performances de discrimination des nourrissons sont meilleures en condition de présentation simultanée qu'en condition de présentation séquentielle (Oakes & Ribar, 2005).

En revanche, une absence de préférence ne sera pas nécessairement une preuve d'une absence de discrimination: les nourrissons peuvent tout à fait ne préférer aucun des stimuli et être capable de faire la différence entre eux. Ici, d'autres paradigmes vont devenir indispensables pour répondre à ce type de question, et notamment les paradigmes dits de familiarisation/réaction à la nouveauté.

4.1.2 Mécanisme d'habituation

Une description générale de l'habituation pourrait se résumer de la façon suivante : Sachant qu'un stimulus donné provoque une réponse comportementale, l'application répétée de ce stimulus résulte en une diminution de cette réponse (R. F. Thompson, 2009). Appliquée au comportement visuel d'un nourrisson, cela correspond à une diminution du temps de regard pour un stimulus au cours du temps. Nous distinguerons la *familiarisation* qui est la phase expérimentale durant laquelle un stimulus est présenté au nourrisson de façon répétée,

de l'*habitation* proprement dite qui se réfère au mécanisme sous-jacent par lequel l'application répétée d'un stimulus débouche en une progressive diminution de la réponse comportementale (Colombo & Mitchell, 2009). Si l'habitation est un champ d'étude à part entière (Cohen, 2004; Colombo & Mitchell, 2009; Groves & Thompson, 1970; Rankin et al., 2009; Schöner & Thelen, 2006; Sirois & Mareschal, 2002; R. F. Thompson, 2009), nous ne l'utiliserons dans le cadre de nos travaux que comme un outil pour familiariser les nourrissons avec des stimuli avant une période de test visant à évaluer la catégorisation.

4.1.3 Discrimination & catégorisation

Puisque les nourrissons présentent une propension à regarder plus longtemps un stimulus nouveau (Fantz, 1964), il est donc possible de créer une préférence entre deux stimuli par l'exposition répétée de l'un d'eux avant la phase de test de préférence, et ce même si les nourrissons ne présentaient pas de préférence spontanée au départ. Si, en phase de test les nourrissons montrent une préférence pour le nouveau stimulus, nous pouvons conclure qu'il y a discrimination des deux stimuli. On peut ainsi remarquer que dans les paradigmes de réaction à la nouveauté, discrimination et mémoire visuelle sont deux processus toujours confondus. Cela ne remet pas en cause la conclusion de discrimination, mais peut s'avérer être un facteur limitant : il pourra être nécessaire d'avoir un temps de familiarisation plus long si les stimuli sont plus complexes par exemple (Caron & Caron, 1969; Cohen, DeLoache, & Rissman, 1975; Richard, Normandeau, Brun, & Maillet, 2004).

La catégorisation est un peu le pendant de la discrimination, en ce qu'elle consiste à grouper ensemble différentes entités en fonction de caractères partagés. La procédure sera similaire au paradigme de discrimination à ceci près que lors de la phase de familiarisation, des exemplaires *différents* quoiqu'appartenant à la même catégorie seront successivement présentés aux nourrissons. Il s'agira donc d'une familiarisation à une classe de stimuli. En phase de test, deux nouveaux stimuli seront présentés, un nouvel exemplaire de la catégorie avec laquelle les nourrissons ont été familiarisés, et un exemplaire (nécessairement nouveau) de la nouvelle catégorie. La généralisation de la familiarisation à un nouvel exemplaire de la catégorie familière associée à la préférence pour l'exemplaire de la nouvelle catégorie seront tenues pour preuves que les nourrissons ont regroupé ensemble les items de la catégorie familière d'une part, et d'autre part que cette représentation de la catégorie exclut un exemplaire de la nouvelle catégorie. Il s'agira naturellement d'une inférence de catégorisation, inférence qui requiert de plus une condition particulière : les exemplaires de la

catégorie familière doivent être discriminables entre eux par les nourrissons. Dans le cas contraire, on retombe sur une tâche de discrimination. On parle dans ce cas de perception catégorielle et non de catégorisation (Quinn & Eimas, 1996, 1998). Cette distinction est originellement issue des travaux sur la perception du langage (Repp, 1984). La perception catégorielle correspond au fait d'assigner des sons variant selon une dimension à des catégories discrètes. L'assignation à des catégories discrètes s'accompagne d'une difficulté à distinguer deux stimuli pris à l'intérieur d'une des catégories par rapport à deux stimuli de catégories différentes. La représentation catégorielle en revanche correspond au fait de grouper ensemble dans une même catégorie des exemplaires différents et discriminables.

4.2 Procédure de test des nourrissons humains (3-12mois)

4.2.1 Situation de test : Babylab du LPNC

Les parents des nourrissons sont accueillis au Babylab, où nous recueillons leur consentement pour effectuer les études avec leur enfant. Les parents remplissent un questionnaire rapportant l'expérience globale de leur nourrisson avec les visages (pourcentage de femme/homme, visages d'enfants/nourrissons, etc.) ainsi que des compétences motrices basiques (locomotion). L'expérimentation proprement dite se déroule ensuite. Les hypothèses des études ne sont expliquées en détail qu'après les passations, afin que les parents soient naïfs quant aux hypothèses, dans la mesure du possible. Les seules indications de départ sont que « toutes nos études portent sur la perception des visages ». Le parent est installé dans un fauteuil avec son enfant sur les genoux, tous deux assis face à un écran d'ordinateur (52 x 32,5cm). Le nourrisson est ainsi installé à une distance d'environ 60 cm de l'écran. Au-dessus de l'écran se trouve une caméra spécialisée pour filmer dans des conditions d'éclairage faible, qui servira à enregistrer les mouvements des yeux des nourrissons lors des études. De part et d'autre de l'écran sont installés des paravents afin de minimiser toute source de perturbation externe à l'étude en cours (voir Figure 4.1).



Figure 4.1 : Photographie du protocole expérimental de test des nourrissons au Babylab de Grenoble, France.

Deux expérimentateurs sont systématiquement impliqués lors des passations des études. L'un d'eux est en charge de l'enregistrement vidéo, et ignore ce qui est affiché à l'écran, et le deuxième est en charge du déroulement de l'étude sur l'ordinateur. Lorsqu'il y a plus d'un parent présent, les personnes supplémentaires sont invitées à passer derrière les paravents, avec l'expérimentateur en charge de la présentation de l'étude sur l'ordinateur. La pièce est plongée dans le noir, la seule lumière restant provenant de l'écran en face du nourrisson. Il est demandé au parent de ne pas parler lors de la présentation des stimuli, et de manière générale de ne pas interagir avec leur enfant, quand bien même celui-ci refuserait de regarder les stimuli. Il leur est demandé de positionner leur enfant sur leur genoux afin qu'il soit bien en face du centre de l'écran. Lorsque cela s'avère nécessaire (quand un bruit extérieur attire le regard du nourrisson, ou que celui-ci contemple indéfiniment ses chaussures au lieu de regarder l'écran par exemple) l'expérimentateur en charge de la caméra réoriente l'attention du nourrisson vers l'écran en donnant un coup de maracas derrière l'écran, ou en claquant des doigts⁸. Lors de l'expérimentation, chaque essai est précédé par une image abstraite, colorée et mouvante, apparaissant au centre l'écran, et maintenue jusqu'à ce que l'enfant fixe le centre de l'écran. A ce moment, l'expérimentateur contrôlant l'ordinateur presse une touche afin de laisser apparaître les stimuli de l'essai. Lorsque l'essai se termine, l'image colorée réapparaît jusqu'à ce que le nourrisson dirige de nouveau son regard au centre

⁸ Il faut noter que certaines procédures (habituation) requièrent de laisser le nourrisson regarder ailleurs, dans ce cas naturellement, l'expérimentateur laisse le nourrisson se détourner des stimuli.

de l'écran, et ainsi de suite. Lorsque la passation est terminée, un des expérimentateurs explique alors précisément les buts et hypothèses de chaque étude. Un petit livre est offert au nourrisson, en guise de remerciements.

4.2.2 Codage des vidéos

Le regard des nourrissons est enregistré à l'aide d'une caméra Canon XM2 spécialisée pour les conditions de faible luminosité. Les vidéos sont ensuite analysées image par image à l'aide d'un logiciel spécialisé. La personne codant la vidéo ignore ce qui était présenté à l'écran et code uniquement si le nourrisson regarde à gauche, à droite, ou en dehors de l'écran. Pour chaque étude, 25% des vidéos sont sélectionnées au hasard et recodées par une autre personne afin de s'assurer de la validité du codage. La corrélation entre les codages est souvent aux alentours de .96, ce qui illustre de l'objectivité du procédé. Le processus est un peu différent pour les nouveau-nés où la plupart des vidéos sont double-codées, ceci pour pallier la difficulté à coder cette population.

4.2.3 Mesure du temps de regard à l'aide d'un oculomètre : EyeLink

Certaines études ont été effectuées à l'aide d'un oculomètre EyeLink® SR1000 (SR Research, Mississauga, Ontario, Canada). La présentation des stimuli et le contrôle de l'oculomètre était prise en charge par le logiciel Matlab. L'appareil était calibré pour chaque nourrisson en utilisant 5 points de fixation. Nous avons utilisé le mode « tête libre » afin de laisser les nourrissons libres de leurs mouvements. Pour ce faire, nous collions une cible sur le front des nourrissons servant de point de repère au système Eyelink (voir Figure 4.2). Ce protocole de mesure impose de tester les nourrissons monoculairement, la seconde mesure étant la position de la cible. La calibration dépendant de la position de la cible, les nourrissons qui enlevèrent la cible au cours de l'étude furent systématiquement exclus de l'analyse.



Figure 4.2: Photographie du protocole de test des nourrissons à l'oculomètre (EyeLink) au Babylab de Grenoble, France.

Les stimuli utilisés en calibration consistaient en de petites cibles colorées mouvantes et sonores affichées aux points de calibrations. Dès lors que le nourrisson fixait son regard vers la cible, l'expérimentateur pressait un bouton afin de faire apparaître la cible suivante. Les stimuli ont été affichés via un écran d'une résolution de 1024×768 pixels avec un taux de rafraîchissement de 100Hz (Iiyama Vision Master Pro 514, 40×30 cm). Le découpage des données oculométriques en saccades et fixations a été réalisé à l'aide d'un algorithme dérivé de la méthode développée par Engbert et Kliegl (2003). Les calculs de l'algorithme sont basés sur une estimation du percentile de la déviation de la vitesse angulaire de l'œil à différentes échelles temporelles. Ce procédé permet de s'adapter au niveau de bruit propre à chaque test et à chaque nourrisson.

4.2.4 Contrôle des biais visuels ou de positions

Les nourrissons présentent souvent un « biais de côté » plus ou moins marqué, qui peut s'avérer problématique lors d'une mesure de préférence entre deux stimuli présentés à l'écran. Si ce comportement pourrait être lié à une difficulté de désengagement de l'attention chez le nourrisson très jeune (i.e., typiquement entre 1 et 3 mois, Hopkins & Van Wulfften Palthe, 1985), cette explication est tout de même moins probable pour les nourrissons plus âgés. En effet, Ce comportement est surtout marqué pour les nourrissons de moins de 3 mois

(Hunnius & Geuze, 2004; Matsuzawa & Shimojo, 1997). Il n'est pourtant pas inhabituel de voir des nourrissons plus âgés montrer des biais de côtés, ce qui laisse suggérer que la difficulté de désengagement n'est probablement pas le seul mécanisme en cause.

Quoi qu'il en soit, la pratique courante est d'exclure les nourrissons qui ne satisfont pas un critère minimum de temps de regard sur chaque stimulus (gauche et droite) en test. Le critère retenu pour toutes les études présentées dans ce travail est un maximum 95% de temps de regard d'un côté, donc 5% de l'autre côté au minimum, calculé pour chaque essai. Cette valeur correspond à une valeur courante utilisée dans les études chez le nourrisson (Dupierri et al., 2014; Heron-Delaney, Wirth, et al., 2011; Kelly et al., 2009; Kelly, Liu, et al., 2007; Kelly, Quinn, et al., 2007; Kovack-Lesh, Horst, & Oakes, 2008; Mareschal, French, & Quinn, 2000), quoiqu'il ne soit pas rare de trouver des variations comme 85% (de Haan, Johnson, Maurer, & Perrett, 2001; Myowa-Yamakoshi, Kawakita, Okanda, & Takeshita, 2011) et 90% (Brown, Robinson, Herbert, & Pascalis, 2006; Ichikawa, Kanazawa, & Yamaguchi, 2011; Otsuka et al., 2013; Righi, Westerlund, Congdon, Troller-Renfree, & Nelson, 2013; Turati, Simion, Milani, & Umiltà, 2002).

Ceci permet de se prémunir contre les biais de côtés extrêmes, mais ne contrecarre pas une tendance à regarder plutôt d'un côté, à droite par exemple. Afin de contrôler cette éventualité, nous avons systématiquement contrebalancé en intra-sujet la position gauche/droite des stimuli dans les tests de préférences visuelles. En conséquence, une préférence sera au minimum calculée sur deux essais (stimulus A vs. stimulus B, et stimulus B vs. stimulus A). Une préférence légère pour un côté pourra ainsi ne pas être confondue avec une préférence pour le stimulus également affiché de ce côté. Aussi, dès lors qu'un enfant dépasse le critère des 95% de temps de regard sur un essai, l'essai associé est systématiquement exclus également.

Les nourrissons changent facilement d'humeur, et certains d'entre eux étaient très agités durant la passation, ou de façon générale très peu intéressés par les stimuli présentés à l'écran. Il est difficile de donner un critère rendant compte du degré d'agitation, mais puisque cela se reporte sur la mesure de temps de regard, nous avons choisi de d'exclure les essais dont le temps total de temps de regard additionnés pour les deux stimuli était inférieur à 50% du temps total de présentation (e.g., inférieur à 5 s pour 10 s de présentation).

4.3 Procédure de test des nouveau-nés humains (3-5 jours)

4.3.1 Situation de test : la maternité du CHU de Grenoble

La méthode utilisée est ici encore basée sur la mesure du temps de regard, néanmoins, les conditions de passation vont légèrement différer des conditions de test des nourrissons plus âgés. Les nourrissons de 3 mois et plus ont été testés en laboratoire, dans l'enceinte du Babylab du LPNC, alors que les nouveau-nés ont été testés à la maternité du CHU de Grenoble. Les nouveau-nés étaient testés dans les chambres individuelles des mères venant d'accoucher. Si celles-ci étaient d'accord pour participer aux recherches, et si leur enfant était réveillé et disponible (et cette fenêtre de disponibilité était parfois très courte), nous installions alors notre matériel de test (voir Figure 4.3) Les nouveau-nés étaient installés sur le ventre ou les genoux de la mère, face à l'écran d'ordinateur au-dessus duquel était positionné l'expérimentateur en charge d'enregistrer le regard des nourrissons. L'écran était positionné à 30 cm du visage des nouveau-nés, une distance plus appropriée à la faible acuité des nouveau-nés que les 60 cm utilisés pour les nourrissons plus âgés.



Figure 4.3 : Photographie du protocole expérimental de test des nouveau-nés à la maternité du CHU de Grenoble, France.

Nous avons uniquement effectué des tests de préférence visuelle. Il s'agissait donc de paires d'images présentées à l'écran pendant qu'un expérimentateur enregistre le regard du nourrisson. Lors de chaque essai (2 au total), l'expérimentateur devait juger lorsque le nouveau-né était en train de regarder l'écran ou non et évaluer lorsque 10 secondes de temps de regard sur l'écran avaient été accumulées. Le terme « évaluer » est choisi à dessein, car il est notoirement difficile de juger sur l'instant si (et où) le nouveau-né regarde. De fait, les nouveau-nés sont souvent à moitié endormis, louchent, et ont plus de difficulté à fixer un écran que les nourrissons plus âgés. Par ailleurs, si les nouveau-nés arrivent à bouger les yeux, ils ont souvent un peu de mal à bouger la tête, et quand celle-ci est penchée d'un côté, il est alors difficile pour le nouveau-né de la tourner de l'autre côté, quand bien même ce qu'il verrait attirerait son regard. Ceci est d'autant plus vrai lorsque les nouveau-nés sont légèrement inclinés vers l'arrière (typiquement : lorsqu'ils sont installés sur le ventre d'une personne semi-allongée).

4.4 Procédure de test des nourrissons macaques (*Macaca mulatta*)

4.4.1 Situation de test : Centre d'éthologie de Poolesville

Les nourrissons macaques (*Macaca mulatta*) étaient élevés au laboratoire d'éthologie comparée de Poolesville, Maryland, dépendant de l'Eunice Kennedy Shriver National Institute of Child Health and Human Development. Ces macaques sont issus d'une large colonie (± 200 individus), mais font partie d'un petit groupe élevé séparément des autres singes adultes ($n = 26$). Les nourrissons élevés dans la maternité ont ainsi un environnement particulièrement contrôlé en termes d'expérience avec les visages. Ils sont élevés par des humains portant du matériel de protection incluant lunettes, masque couvrant le nez et la bouche, et une coiffe. Seuls les yeux étaient donc visibles dans le visage (voir Figure 4.4). Pendant le premier mois de vie des nourrissons, les soignants étaient présents 13 heures par jour, interagissant avec eux toutes les 2 heures pour les nourrir et leur prodiguer des soins. Durant cette période, les nourrissons étaient logés dans des incubateurs individuels avec une mère de substitut (« surrogate mother ») en fourrure et disposant d'une partie chauffante (pour le détail précis des méthodes d'élevage voir, Shannon, Champoux, & Suomi, 1998). Dès la fin du premier mois, tous les nourrissons furent logés dans une pièce avec la possibilité de voir les autres nourrissons. Dans cette pièce, la moitié d'entre eux étaient logés individuellement mais recevaient 2 heures quotidiennes de jeux en commun (« surrogate-reared », $n = 13$),

l'autre moitié étaient logés en groupe (« peer-reared », $n = 13$). A trois mois, les nourrissons ont eu globalement plus d'un mois d'interactions incluant des contacts physiques directs entre eux ($M = 43$ jours, $SD = 11$, étendue: 22-55 jours).



Figure 4.4 : Personnel soignant du laboratoire d'éthologie comparée de Poolesville (Maryland, USA) équipé du matériel de protection : masque, lunette et coiffe pour effectuer les études chez le nourrisson macaque. Seuls les yeux restent visibles.

4.4.2 Enregistrement vidéo du temps de regard : Tobii TX300

Les mouvements oculaires des nourrissons macaques étaient enregistrés à l'aide d'un TOBII® TX300, avec un écran et un système d'oculométrie avec un échantillonnage à 60 Hz (voir Figure 4.5). La présentation des stimuli était prise en charge par le logiciel Tobii Studio (Tobii Technologie, Suède). L'appareil était calibré pour chaque nourrisson en 5 points présélectionnés par Tobii studio, suivant la routine standard de calibration pour nourrissons du logiciel. Les stimuli consistaient en de courtes vidéos animées colorées et sonores affichées aux points de calibrations, suffisantes pour attirer l'attention des nourrissons sans qu'un entraînement soit requis. Les points de calibration jugés non fiables étaient répétés jusqu'à obtenir une fiabilité correcte.

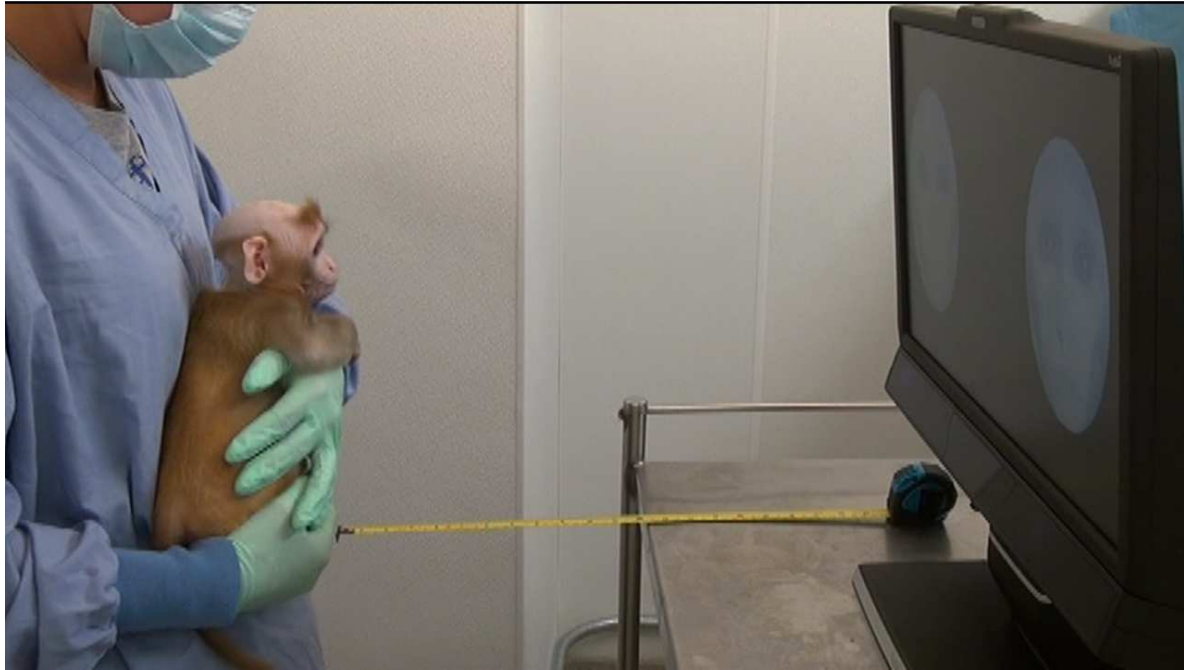


Figure 4.5: Photographie du protocole de test des nourrissons macaques au laboratoire d'éthologie comparée à Poolesville (Maryland, USA). Ce nourrisson a été filmé durant la passation de l'étude 7b.

4.4.3 Ajustement des critères de temps de regard

Les nourrissons macaques fixent beaucoup moins longtemps les images que les nourrissons humains. Paukner, Huntsberry, et Suomi (2010) dans une étude visant à étudier les préférences des nourrissons macaques pour les visages de macaques masculins et féminins ont reporté des temps de regard totaux moyens (gauche et droite additionnés) de 3,2 s pour 15 sec de présentation, soit environ 21% du temps de présentation. En guise de comparaison, les nourrissons humains présentent typiquement des temps de regard proche de 90% du temps total de présentation lors de test de préférence visuelle (Dupierrix et al., 2014). Notre critère d'exclusion de 50% du temps total de regard appliqué aux nourrissons humains est inadapté pour cette population : un temps de regard ne satisfaisant pas ce critère ne reflète pas un comportement différent des autres nourrissons (au contraire). Aussi, le seul critère retenu est un minimum de temps de regard de 500 ms sur chacun des stimuli présentés.

Chapitre 5. Préférences pour les visages

d'adultes dans la première année de vie

L'expérience différentielle des nourrissons avec différentes catégories de visages (Rennels & Davis, 2008; Sugden et al., 2014) est corrélée avec la présence de préférences visuelles pour les visages fréquemment rencontrés (e.g., préférence de genre ou de type, Kelly et al., 2005; Quinn, Yahr, Kuhn, Slater, & Pascalis, 2002). Ces préférences pourraient refléter la proximité du stimulus préféré avec la tendance centrale du *face-space* des nourrissons. Les nourrissons ont aussi une expérience asymétrique concernant l'âge des visages : la plupart des personnes qui interagissent avec les nourrissons sont des adultes du groupe d'âge des parents. Sur cette base, on peut prédire une préférence visuelle pour les visages d'adultes par rapport à des visages appartenant à d'autres catégories d'âge. Toutefois, des visages d'adultes de type non familier (i.e., des visages asiatiques pour des nourrissons européens) vont être plus éloignés de la tendance centrale et pourraient ne pas provoquer de préférence en dépit de leur appartenance à la catégorie « adulte ». L'asymétrie aura d'autant plus de chances d'être forte que le nourrisson est jeune, et le cas extrême est le nouveau-né qui n'a été exposé qu'à des visages d'adultes. Dans la série d'études qui suit, nous avons testé les préférences visuelles de nourrissons de 0 à 12 mois pour des visages d'adultes par rapport à des visages de nourrissons.

5.1 Etude 1. Une préférence visuelle pour les visages d'adultes modulée par le type de visage chez le nouveau-né

Objectif : Le but de cette étude est d'évaluer les préférences des nouveau-nés pour des visages de différentes catégories d'âge. Les nouveau-nés de quelques jours ont une expérience limitée mais *non nulle* en termes de visage, et dans cette étude, tous ont eu exclusivement l'expérience de visages européens adultes. Aussi avons-nous testé les préférences visuelles des nouveau-nés pour des visages d'adultes ou de nouveau-nés, dans deux conditions (en inter-sujet), avec des visages de type familial (i.e., européen) ou non familial (i.e., chinois).

Article soumis dans *Infant Behavior and Development*

A preference for adult faces in newborns that is modulated by face race

Damon, Fabrice.^{1,2}, Méary, David.^{1,2}, Quinn, Paul. C.³, Bayet, Laurie.^{1,2}, Heron-Delaney, Michelle.⁴, Lee, Kang.⁵, & Pascalis, Olivier.^{1,2}

¹Univ. Grenoble Alpes, LPNC, Grenoble, France

²LPNC, CNRS, Grenoble, France

³Department of Psychological and Brain Sciences, University of Delaware, USA

⁴School of Psychology, Australian Catholic University, Australia

⁵Institute of Child Study, University of Toronto, Canada

Abstract

Newborn infants show a robust preference for faces over non-faces. Several hypotheses have been put forward to explain this early preference including an innate face template, a top heavy visual bias, rapid learning mechanisms, or binocular correlation. Newborn face experience is limited, but some categories of faces, such as adult faces and own-race faces, are experienced more frequently than others. A rapid learning account would predict that the faces of own-race adults should become more familiar quickly due to repeated exposure to exemplars of this category. To evaluate the effect of familiarity, we tested Caucasian newborn visual preference for adult versus newborn faces using faces from own- and other-races. Newborns showed a reliable visual preference for adult over newborn faces when the faces were Caucasian, but not when they were Asian. We postulate that this result reflects the existence of rapid learning mechanisms that lead to exposure-related bias in an emerging face-space model.

Keywords: neonates, age preferences, own- and other-race faces, face-space, familiarity.

5.1.1 Introduction

Human adults are considered to be face experts and it has been argued that we learn to process faces differently than other visual stimuli (Diamond & Carey, 1986; McKone et al., 2007). Valentine (1991) suggested that adults represent faces in a multidimensional perceptual face-space. In this model, the center of the face-space can be thought of as the average or prototype of all faces experienced by an individual. Accordingly, more typical faces are close to the center of the face-space and more distinctive faces are further away in the face-space. As infants have less experience with faces than adults, the existence of a face prototype or even of a face-space during infancy has been questioned (de Haan, Humphreys, & Johnson, 2002; Humphreys & Johnson, 2007). However, we have little empirical evidence regarding the kind of representation newborns have for faces.

Pascalis et Kelly (2009) proposed that the early face system observed in newborns is a conjunction of evolutionary inheritance, in utero learning, and rapid learning after birth. At birth, the face representation is crude, based on the evolution template and enhanced by proprioceptive information acquisition, like that obtained from facial movements (Quinn & Slater, 2003). This early template will benefit from a fast learning system that takes advantage of cross-modal input (Sai, 2005).

de Haan et al. (2002) suggested that a face-space is present during infancy but with fewer dimensions than in adults; these face-space dimensions are thought to increase in number and perhaps change in nature during development (Johnston & Ellis, 1995). One of the main issues is how face-space dimensions may be defined when experience with faces is scarce. Neonates have limited experience with faces and studying their face processing abilities is one way to investigate the early stages of an emerging face-space.

It is well established that neonates show a predisposition to attend to stimuli that possess the structure of the face over other non-facelike stimuli (Goren et al., 1975; Johnson et al., 1991). This attentiveness toward faces is sensitive to orientation (Mondloch et al., 1999; Valenza et al., 1996), requires a positive stimulus contrast (Farroni et al., 2005), and is manifest for asymmetrical top-heavy patterns bounded by a circular area, which is a characteristic of faces (Macchi Cassia et al., 2004; Simion et al., 2002). These initial biases toward faces functionally ensure that newborns attend to conspecifics, and subsequently develop face expertise (Simion & Di Giorgio, 2015). Neonates also show the capacity to learn and recognize rapidly their mother's face, both with real faces (Bushnell et al., 1989;

Bushnell, 2001; Field et al., 1984; Pascalis et al., 1995; Sai, 2005), and video presentation (Walton et al., 1992).

Due to their limited experience, the face-space of newborn infants could be constituted at first by a small number of dimensions that allow for comparing the degree of perceptual similarity of a particular face with a broad representation composed of initial biases (e.g., face configuration, top heavy bias) and early experiences with faces (i.e., the mother's face). Three-day-old neonates look longer at human faces than at monkey faces (Heron-Delaney, Wirth, et al., 2011), but fail to do so when the human and monkey faces are rendered more similar by removing fur and head shape information from the monkey faces, and using a juvenile monkey instead of an adult monkey (Di Giorgio et al., 2012). In that latter case, although showing no preference, newborns appeared to be able to discriminate between human and monkey faces (Di Giorgio et al., 2012), suggesting a relative dissociation between discrimination abilities and the manifestation of a preference. Such dissociation raises the issue of the stimulus conditions under which preferences will be observed.

A face-space account that includes psychophysical properties would suggest that preferences might only appear when newborns are presented with one stimulus close to their initial face representation contrasted with another stimulus sufficiently far away from it in terms of distance in an emerging face-space. For smaller distances, even though newborns might still be able to discriminate between faces, preferences may not be present. When it comes to race or gender, for example, neonates, unlike 3-month-olds, do not show familiarity preferences for (1) unfamiliar female over unfamiliar male faces (Quinn, Uttley, et al., 2008), or (2) own- over other-race faces (Kelly et al., 2005). However, newborns readily differentiate between own-race faces (Pascalis & De Schonen, 1994) and between female faces (Turati, Bulf, & Simion, 2008; Turati et al., 2006). Thus, it is unlikely that their lack of preferences for female or own-race faces reflects a lack of discrimination ability. This absence of preference is presumably not due to an inability to discriminate between the faces since newborns can discriminate between own-race faces (Pascalis & De Schonen, 1994) and between female faces (Turati et al., 2008, 2006). Overall, neonates are attracted to human faces but do not respond with the gender- and race-based face preferences observed in older infants. Considering that during their first hours of life, neonates are only exposed to adult faces, we can envision that their face representation could be biased toward an adult face. However, their proprioceptive representation should be biased toward a neonate face. These

presumably competing biases raise the question of how infants will respond preferentially when presented with adult versus infant faces.

Infant faces, and especially neonate faces, differ from adult faces in their overall proportions and the positioning of the internal features. Newborn and infant eyes, nose, and mouth are positioned below the midline of the face, i.e., arranged in a pattern that is less top-heavy than the canonical arrangement of adult features. This configural information alone might be sufficient for neonates to distinguish infant from adult faces. Moreover, if neonates prefer looking at adult versus neonate faces specifically because of the top-heavy patterning differences between adult and infant faces, the preference should extend to other-race faces (e.g., Asian faces for Caucasian infants) because both Asian and Caucasian infant faces show the same basic arrangement of features, and thus depict the same configural differences relative to their adult counterparts. However, adult other-race faces might be slightly further away from the center of the newborn face space, due to the combination of familiar configuration (i.e., adult face) and unfamiliar physiognomic cues (i.e., skin color). If so, the resulting distance between adult and infant other-race faces might be smaller than that between adult and infant own-race faces, leading to a null preference.

Overall, it remains an open question whether newborns will be able to respond differentially to adult versus infant faces, and if they do, whether they rely on an experience-driven face-space or on an innate representation of top-heaviness to do so. The “face-space” and “top-heavy” accounts lead to opposite predictions regarding an adult-versus-infant preference in other-race pairings. We therefore investigated the nature of the early face representation by studying if there is a systematic preference for own- and other-race adult over infant faces. In particular, we assessed the preference of Caucasian neonates for adult versus neonate Caucasian and Asian faces with a visual paired preference procedure.

5.1.2 Method

5.1.2.1 Participants

Participants were 40 Caucasian full-term newborns (20 females; Mean age = 3.3 days, $SD = 1$, age range = 2-5 days). A further 13 newborns were eliminated from the analysis due to changing state during the test (e.g., newborns became too tired or started to sleep or cry, $n = 5$), or strong position bias (i.e., newborns looked in one direction for more than 95% of the looking time, $n = 8$).

5.1.2.2 Stimuli

The stimuli were morphed face images. Each morph was the average of six faces. Stimulus creation was accomplished with the software developed by Steve Maddock from The University of Sheffield (Quinn et al., 2008). Two adult faces and two neonate faces for each category (female Caucasian, female Asian, male Asian, and male Caucasian) were created for a total of 16 faces in the stimulus set. It was necessary to average our neonate pictures because it is difficult to obtain good quality pictures of 2-day-old infants with their eyes open, mouth closed, and looking directly at the camera without the use of a flash. Morphing the pictures allowed for smoothing the neonate pictures and reducing their variability. Adult faces were also morphed so that the same stimulus construction methods were used for the two categories of faces. The images were carefully cropped so that only the face and a small amount of hair were visible on the slides. When projected onto the screen, neonate pictures were 19.5 cm high and 15.5 cm wide; adult pictures were 20.5 cm high and 14.5 cm wide. These small differences reflect real morphological shape differences between adult and neonate heads. Pictures were separated by a 16-cm gap. In total there were 8 adult/neonate pairs (four Asian pairs and four Caucasian pairs) matched on gender (see Figure 5.1 for examples of the female adult and newborn faces).



Figure 5.1: Examples of Caucasian and Asian faces, and adult and newborn faces, presented to Caucasian newborn infants.

5.1.2.3 Procedure

Infants were seated upright on their parent's lap. The distance from the screen was adapted for newborn acuity (30 cm). Each pair of photographs (two pairs in total per infant) was presented until 10 seconds of cumulative looking had been obtained. An experimenter observed the infant's eye movements, which were captured via a digital camera recording, specialized for low-light conditions, and positioned above the screen. Time was recorded and displayed on the video recording. The film was subsequently digitized to be analyzed frame

by frame on a computer using specialized software. The race and gender of faces was counterbalanced between newborns, so each infant saw two pairs of photographs (each pair contained one adult and one neonate), each pair depicting different individuals. Left-right positioning of the adult and neonate faces was counterbalanced across infants on the first trial and was reversed on the second trial.

5.1.3 Results

Preliminary examination of the data revealed no significant gender differences, and no significant main effects or interaction involving trial order so these variables were not included in the analyses. Looking times were converted to percentages, to indicate the percentage of time the infant attended to the adult face as a proportion of the total looking time. A one-way ANOVA (Stimulus race: Caucasian vs. Asian) revealed a significant main effect of Stimulus race on percentage of total looking time to the adult faces, $F(1, 38) = 9.29$, $p < .004$, $\eta^2 = .20$. Caucasian newborns looked longer at the adult faces when they were Caucasian, relative to when they were Asian (see Table 1). To determine whether the preference scores for the adult faces were significantly different from chance (50%), we conducted two-tailed one-sample t -tests. Mean preference for the adult Caucasian faces (see Table 1) was significantly above chance, and 18 out of 20 newborns had preferences above 50%, binomial probability, $p < .001$. In contrast, when the stimuli were Asian, newborns did not demonstrate a significant preference for the adult faces, and just 11 out of 20 newborns had preferences above 50%, binomial probability, $p = .824$.

Table 1. Caucasian Newborns' Mean Looking Times (seconds), Standard Deviations, and Percentage of Looking Time for Adult Faces from each Race

		Mean Proportion of Looking Time		Preference vs. Chance		
		Adult Stimuli	Infant Stimuli			
<i>N</i>	Stimulus Race	<i>M</i> (<i>SD</i>)	<i>M</i> (<i>SD</i>)	t^a	p	d
20	Caucasian	60.72 (9.70)	39.29 (9.70)	4.94	<.001	1.10
20	Asian	49.46 (13.37)	50.54 (13.37)	-0.18	.859	0.04

^a t vs. chance.

The results indicate that Caucasian newborns have a preference for adult over neonate faces when the faces are Caucasian, but not when they are Asian. Thus, Caucasian newborns

displayed an adult face preference when the faces were familiar (i.e., Caucasian), but not when the faces were unfamiliar (i.e., Asian).

5.1.4 Discussion

Caucasian neonates showed a visual preference for adult over neonate faces only for their own race. This pattern of results can be interpreted either within the theoretical framework of a “top-heavy” preference, or as a product of visual experience. Indeed, the preference for own-race adult faces over infant faces may be entirely explained by a top-heavy preference (Macchi Cassia et al., 2004; Simion et al., 2002) because adult faces are more top-heavy than infant faces. However, a similar preference was not observed for other-race faces – even though the difference between other-race adult and infants faces presents the same contrast in top-heavy patterning. A top-heavy preference alone cannot fully explain our results, thereby leaving open a role for visual experience in newborn’s face perception.

The second way to explain our results would be to interpret them in terms of familiarity. The neonates in our sample had some experience with faces, even if it was very limited (e.g., the mother, the father, nurses, and doctors). Most or all of the faces experienced were adult Caucasian faces, whereas the infant Caucasian faces were not; hence, the preference for adult Caucasian faces. By the same reasoning, Asian adult and infant faces are both unfamiliar, leading to a null preference. Such interpretation would, however, also imply a preference for Caucasian faces over Asian faces, whereas no preference has been reported for this contrast (Kelly et al., 2005).

We believe that the current findings can be best interpreted within the face-space model. In such a framework, faces are represented in a space, and are separated from each other by a distance. A neonate face (Asian or Caucasian) will be far from a Caucasian adult face, because the configuration of neonate features is atypical (see Figure 5.2). Infants faces are likely to be far from the infant face representation compared to adult faces since even 1-month-old infants showed no preference for human infant faces over infant monkey faces, while showing preference for human over monkey adult faces (Sanefuji et al., 2013). Because the adult Asian face shares the familiar adult configuration with the Caucasian face while also having unfamiliar cues due to race (e.g., skin color, facial traits), it would be somewhere between the neonate and Caucasian adult face. The distance (difference) between the two adult faces (Asian and Caucasian) and between the Asian adult face and Asian neonate face

would then not be enough to trigger a familiarity preference for the newborn, whereas the distance between the Caucasian adult and neonate faces might be sufficient. This interpretation reconciles the current results with those of Kelly et al. (2005), who reported no own-race preference in neonates.

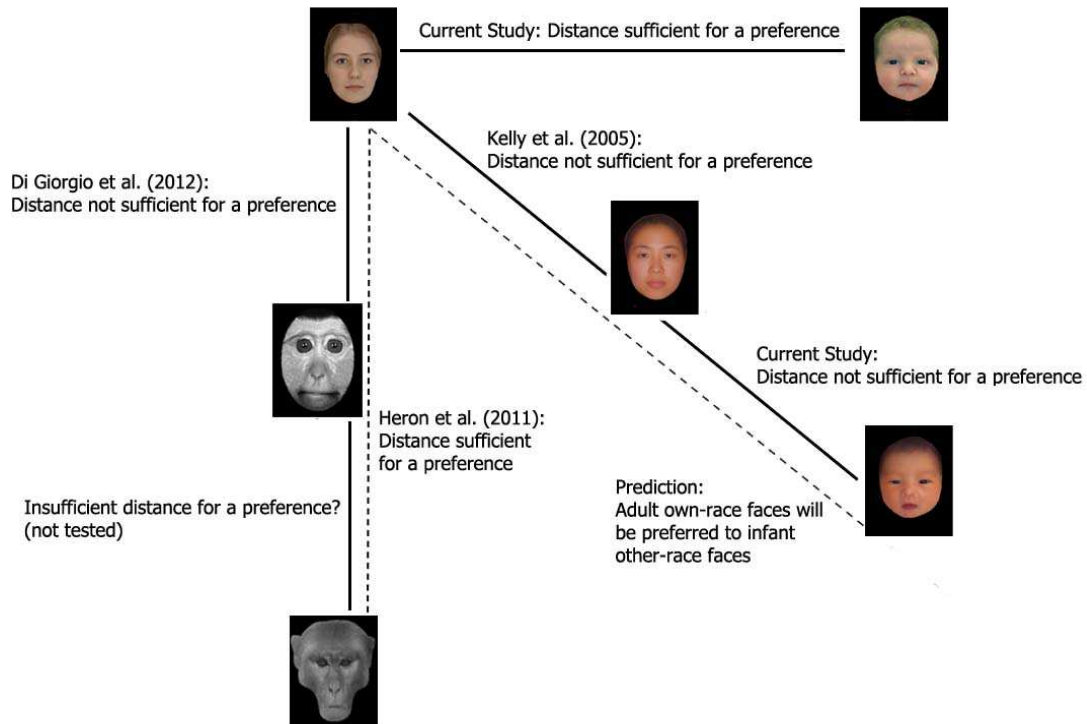


Figure 5.2: Possible representation of faces ordered in a broad face-space as function of relative familiarity for a Caucasian newborn, and the face preferences already tested in previous articles.

This face-space hypothesis can also explain other results such as the preference for human faces over monkey faces (Heron-Delaney, Wirth, et al., 2011) which disappears when monkey faces are made more similar to human faces (Di Giorgio et al., 2012). The authors equated low-level properties of the pictures, and critically used pictures of juvenile monkeys whose face configuration is closer to a human face than an adult monkey face. Our model would also predict that for the age dimension, no preference should be found between Asian adult and Caucasian neonate faces in Caucasian neonates but a preference for adult faces should be observed if an own-race adult face is paired with a neonate other-race face. More generally, investigation of the preferences of newborns for face categories might help mapping newborn face-space structure in terms of perceptual distances between faces.

5.1.5 Conclusion

Overall, the findings show that Caucasian newborns have a preference to attend to adult over neonate Caucasian faces, and that this age preference is disrupted when Asian faces are used. The results cannot be explained as a mere template-matching for adult faces in general or Caucasian adult faces in particular. Rather, they indicate that visual preferences for faces in newborns may be driven by distances between faces in a rough face-space with few or poorly defined dimensions.

5.1.6 Acknowledgements

This research was supported by grant R01 HD-46526 from the National Institute of Child Health and Human Development, and a PhD scholarship from the French Department of Research and Higher Education to FD. The authors are grateful to the families that took part in the study.

Encart 2: Résumé Etude 1

Les nouveau-nés de type européen ont montré une préférence pour les visages d'adultes de type européen par rapport à des visages de nouveau-nés de même type. En revanche, aucune préférence n'a émergé lorsque les visages étaient chinois. Ces résultats ne peuvent s'expliquer uniquement par un processus d'association, que ce soit avec une représentation générale des visages d'adultes, ou une avec représentation spécifique des visages d'adultes de type familial. En effet, le premier cas impliquerait que la préférence pour les visages d'adultes ne soit pas confinée aux visages européens et le second que les nouveau-nés aient une préférence pour les visages de type familial lorsque deux adultes de type familial ou non sont présentés. Or des travaux antérieurs montrent qu'il n'en va pas ainsi (Kelly et al., 2005). Les préférences des nouveau-nés pour les visages d'adultes de type familial s'accordent mieux avec une explication en termes de distances entre les visages dans un face-space en formation. Les visages de nouveau-nés (européen ou chinois) sont probablement éloignés des visages d'adultes européens du fait de leur configuration atypique. Les visages d'adultes chinois partagent la configuration « adulte » avec les visages d'adultes européens tout en portant également des caractéristiques non familières dues au type (e.g., couleur de la peau, traits du visage, etc.). Aussi, les visages d'adultes chinois devraient se trouver quelque part entre les visages d'adultes européens et les visages de nouveau-nés. La distance entre les visages d'adultes et de nouveau-nés pourrait s'être avérée insuffisante pour déclencher une préférence de familiarité, contrairement à la distance entre les visages d'adultes et de nouveau-nés européens. De la même façon, la distance entre les visages d'adultes européens et chinois serait trop faible pour qu'émerge une préférence.

5.2 Etude 2. Une préférence visuelle pour les visages d'adultes modulée par le type de visage à 3 et 6 mois

Objectif : Cette étude vise à établir l'existence de préférences liées à l'âge chez le nourrisson de 3 et 6 mois. Cette fenêtre développementale correspond à l'âge où sont typiquement rapportées les préférences liées à des asymétries d'exposition pour différentes catégories de visages (e.g., genre, type, espèce). Tout comme dans le cas des nouveau-nés, les nourrissons ont été testés dans deux conditions (en intra-sujet toutefois), pour des visages de type familier (i.e., européen) ou non familier (i.e., chinois). Afin d'exclure une potentielle explication des préférences liée à des différences de propriétés de l'image (i.e., luminance, contraste, etc.), un second groupe de nourrissons a été testé pour lesquels les visages ont été présentés à l'envers.

Article soumis dans *International Journal of Behavioral Development*.

An adult face bias in infants that is modulated by face race

Heron-Delaney, Michelle.⁴, Damon, Fabrice.^{1,2}, Quinn, Paul. C.³, Lee, Kang.⁵, & Pascalis, Olivier.^{1,2}

¹Univ. Grenoble Alpes, LPNC, Grenoble, France

²LPNC, CNRS, Grenoble, France

³Department of Psychological and Brain Sciences, University of Delaware, USA

⁴School of Psychology, Australian Catholic University, Australia

⁵Institute of Child Study, University of Toronto, Canada

Abstract

The visual preferences of infants for adult versus infant faces were investigated. Caucasian 3.5- and 6-month-olds were presented with Caucasian adult versus infant face pairs and Asian adult versus infant face pairs, in both upright and inverted orientations. Both age groups showed a visual preference for upright adult over infant faces when the faces were Caucasian, but not when they were Asian. No preferences were found for inverted stimuli, ruling out potential low-level explanations for the adult own-race preference. The findings are discussed in terms of the social attributes of faces that are learned from experience and what this implies for developmental accounts of a recognition advantage for adult faces in particular and models of face processing more generally.

Keywords: visual preference; infant; adult; familiarity; age preferences

5.2.1 Introduction

During the first months, infant looking toward particular classes of faces is guided by the level of familiarity with those faces. For example, 3- to 4-month-olds raised by female caregivers look longer at female than male adult faces, while infants raised by male caregivers look longer towards male than female faces (Quinn et al., 2002). Previous research also indicates that facial experience during the first 3 months is sufficient to drive a visual preference for own-race faces (e.g., Kelly et al., 2005).

When race and gender information are compared, race may supersede gender. Caucasian 3-month-olds prefer female over male faces when the faces are Caucasian, but not when they are Asian (Quinn, Uttley, et al., 2008). This result stands in contrast to the finding that the preference for same-race faces is present for both female and male faces (Kelly et al., 2005). It also stands in contrast to the finding that when female and male faces are changed from adult to child, infants generalize their preference for female faces from one age category to another (Quinn et al., 2010). It may be that infants have more experience with same-race child faces than other-race adult faces, thus allowing generalization to occur across age but not race (Quinn et al., 2010).

The statistics of the early visual experience infants have with faces are consistent with the idea that familiarity is driving preferences for some social categories over others. For example, Caucasian infants are predominantly exposed to own- over other-race faces. On average, 92% to 96% of an infant's interactions during the first year are with own-race individuals (Rennels & Davis, 2008; Sugden et al., 2014). Another experiential bias exists in the age of faces infants encounter with adult faces being most frequent. In the first year, 77% to 81% of an infant's interactions are with their primary caregiver or other individuals from this age group (approximately 20-49 years) (Rennels & Davis, 2008; Sugden et al., 2014). The present study examined whether infants would prefer adult over infant faces, and the influence of race on any age preference that might be observed.

Research with adults shows that we are generally better at recognizing adult faces than child or infant faces, and that we use different processing strategies when viewing adult versus other-age faces (de Heering & Rossion, 2008; Harrison & Hole, 2009; Kuefner et al., 2008; Macchi Cassia, Picozzi, et al., 2009). Experience with other-age faces has also been shown to influence adult abilities to process and recognise other-age faces. For example, preschool and primary school teachers are equally efficient at recognising child and adult

faces (Harrison & Hole, 2009; Kuefner et al., 2008). Similarly, maternity nurses show equally good recognition for adult and newborn faces (Macchi Cassia, Picozzi, et al., 2009).

Research suggests that children, like adults, are generally better at recognizing adult faces. Three-year-olds with limited experience with neonates or elderly people are more accurate at recognizing adult faces than newborn or elderly faces (Macchi Cassia, Kuefner, et al., 2009; Macchi Cassia, 2011; Proietti, Pisacane, & Macchi Cassia, 2013). Similarly, 3-year-olds without an older sibling and 6-year-olds without a sibling were better at differentiating among adult faces than among child faces (Macchi Cassia, Pisacane, & Gava, 2012; Macchi Cassia et al., 2013). However, 3-year-olds with an older sibling were equally adept at differentiating faces within both age groups (Macchi Cassia et al., 2012).

The above findings and a comprehensive review Macchi Cassia (2011) yield little evidence of an own age bias (OAB) occurring robustly across different age-groups. Instead, research indicates that adults and children are better at recognizing adult faces than children's faces unless they have specific experience with the latter category. A recent result indicating that 9-month-olds better recognize adult than infant faces, whereas 3-month-olds recognize faces from both age classes equally well, is consistent with this observation (Macchi Cassia et al., 2014). It appears that early in development perceptual processes become tuned to adult faces because these are the faces which infants experience most frequently.

With regard to age-based preferences in infants, with colour photographs of male and female faces, 10- and 18-month-olds did not show a preference for infant or adult faces (M. Lewis & Brooks, 1975). Similarly, no preference was observed at 7 to 8 months when stimuli were presented as silent movies containing both face and body information of males and females (Sanefuji et al., 2005). Four-, 5-, and 6-month-olds discriminated infants and adults when presented with colour drawings or photographs of male faces (Fagan & Singer, 1979; McCall & Kennedy, 1980). However, infants did not look longer at the infant stimuli on initial presentation, take more trials to reach habituation, or spend more time looking at infants across familiarization trials.

Overall, while infants can discriminate infant and adult stimuli, there is no evidence that infants have a spontaneous preference for infants or adults. However, in all of the above studies, stimuli were presented individually. This induces a twofold ambiguity in interpretation. First, it may be that as humans, both infants and adults when considered in isolation are attention-worthy. It may be necessary to present pairs of photographs, forcing

infants to divide their attention between the pictures, to observe a preference. Second, when presented sequentially, greater attention to a category of faces could reflect either spontaneous preference or a lack of efficiency in processing these faces (Ramsey-Rennels & Langlois, 2006). Therefore, to avoid the ambiguity associated with interpreting a null result from a sequential presentation task, the current study presented infant and adult stimuli in pairs.

Recently, Macchi Cassia, Luo, Pisacane, Li, and Lee (2014b) investigated how race and age experiences combine to influence the ability of 3-year-olds to discriminate within adult and child Caucasian and Asian faces. Caucasian and Chinese children with and without older siblings were tested. Children without an older sibling were better at discriminating adult faces, but only with own-race faces. Children with at least one older sibling were equally adept at discriminating own-race adult and child faces. The fact that the adult face bias was confined to own-race faces and the own-race bias was only observed for adult faces suggests that race and age information are represented at the same hierarchical level for 3-year-olds (Macchi Cassia, Luo, et al., 2014).

The present study examined whether Caucasian 3.5- and 6-month-olds show a preference for looking at adult compared to infant faces, and whether any age preferences detected are the same for own-race (Caucasian) versus other-race (Asian) faces. Visual preference was examined by presenting pairs of infant and adult face photographs (race consistent within pairs), and measuring infant looking time for the two stimuli. Given that young infants typically prefer familiar stimuli in the social domain, it was hypothesised that Caucasian 3.5- and 6-month-old infants would attend more to Caucasian adult than Caucasian infant stimuli, since adults represent the most highly familiarised age group in the environment of infants. We also predicted that 3.5- and 6-month-old Caucasian infants would not show an age preference for other-race (Asian) faces, in line with the finding that infant gender preference is restricted to own-race faces (Quinn, Uttley, et al., 2008) and the adult face bias is confined to own-race faces in 3-year-olds (Macchi Cassia, Bulf, et al., 2014). To rule out potential low-level explanations for any preferences detected, stimuli were presented in an inverted orientation in a separate condition.

Additionally, the impact of sibling experience on any age preference detected was investigated. While sibling gender had a null effect on the gender preference for girl over boy faces (Quinn et al., 2010), it is conceivable that sibling experience might affect the age preference for infant versus adult faces. In particular, it seems possible that sibling child

faces, which are intermediate between infant and adult faces in terms of morphology, could potentially blur the distinction between infant and adult faces. That is, experience with sibling faces might create more of a continuum between infant and adult faces rather than a categorical partitioning between them.

5.2.2 Method

5.2.2.1 Participants.

Participants were Caucasian 32 full-term 3.5-month-olds (16 females; age range = 101-124 days) and 32 6-month-olds (15 females; age range = 164-199 days). A further 16 3.5-month-olds were excluded due to side bias ($n = 14$) or fussiness ($n = 2$). One 6-month-old was excluded due to fussiness, one due to experimental error, and four due to side bias (i.e., > 95% of total looking time to one side of the display). Data were collected on whether or not each infant had a child sibling living in their house. In the upright condition, nine 6-month-olds and seven 3.5-month-olds had at least one sibling, ranging from 2 to 10 years ($M = 4.1$ years); 5 infants had two or more siblings. In the inverted condition, four 6-month-olds and seven 3.5-month-olds had at least one sibling, ranging from 3 to 10 years ($M = 5.7$ years), and 4 infants had two or more siblings. No infant had a twin or attended day care.

5.2.2.2 Stimuli.

The stimuli presented to infants were 24 colour faces: six Caucasian adults, six Asian adults, six Caucasian infants, and six Asian infants. Adults ranged from 19 to 45 years and infants were 3.5 to 11 months. Age of the infant stimuli was matched to age of the participants. Within each category, half the faces were female. All faces were presented against a white background, and in frontal orientation with neutral expression. Pictures were cropped so that hairlines were visible, but hairstyles were fairly uniform. Stimulus pairs were matched on hair colour, eye colour, face shape, and skin colour. Half the Caucasian face pairs were light-haired; the other half were dark-haired. Stimulus size and brightness were uniform. When projected onto the screen, each picture was 15 x 10 cm, separated by 12 cm. There were three different face sets (each containing eight images). Each set contained two pairs of Caucasian adult and infant faces and two pairs of Asian adult and infant faces. Within each race, one pair of faces was male and the other female (see Figure 5.3). In the inverted condition, stimuli were identical except they were presented in an inverted orientation.

5.2.2.3 Procedure.

Infants were seated on their mother's lap or in a high chair 60 cm away from a screen that displayed the images. The experimenter was not visible during testing, and the mother and experimenter remained silent. Each infant saw four pairs of photographs. Each pair contained one adult and one infant (different images for each trial). Left-right positioning of the adult and infant was counterbalanced across infants on the first trial and reversed on each successive trial. Presentation order of gender and race was counterbalanced across infants, as were the face stimuli chosen for presentation. Each pair of photographs was presented until 10 seconds of cumulative looking had been obtained (i.e., 20 seconds for the two pairs within a given race). An experimenter recorded infant looking time, which was captured via a digital camera positioned above the screen. An independent observer recoded 25% of the data for reliability. Both observers were blind to condition. Average level of inter-observer agreement was high (Pearson $r = .96$).

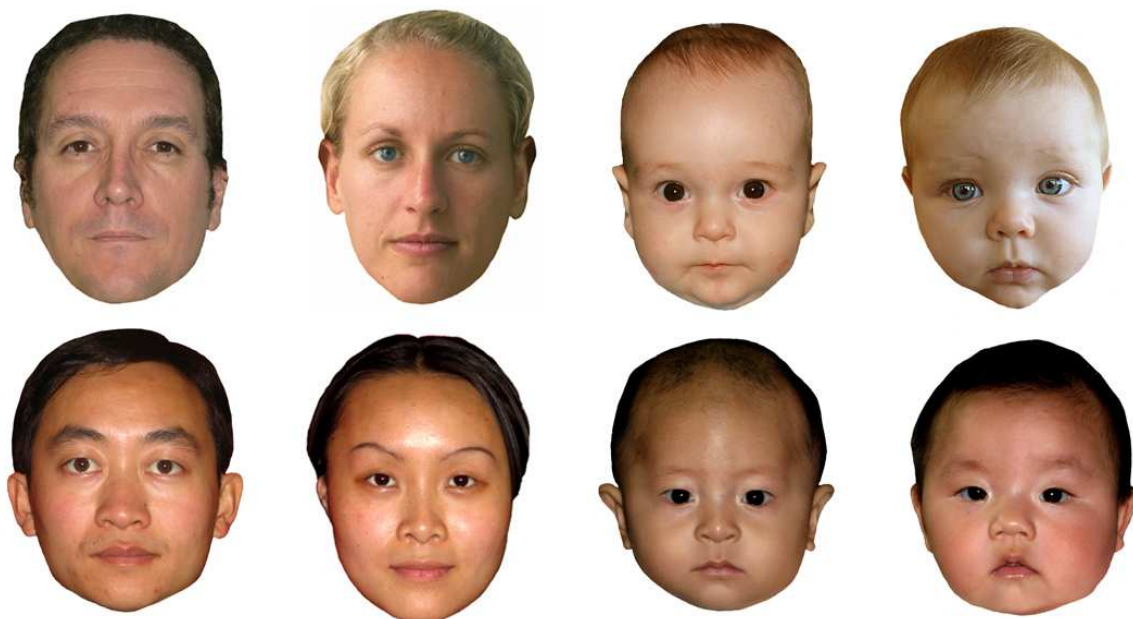


Figure 5.3: Examples of Caucasian and Asian adult and infant faces presented to Caucasian infants.

5.2.3 Results

Preliminary examination of the data revealed no significant gender differences, so the data were combined across male and female participants for further analyses. In addition,

there were no significant main effects or interactions involving trial order or gender of the stimuli, so these variables were not included in the analyses.

Looking times were converted to percentages, to indicate the percentage of time the infant attended to the adult face as a proportion of the total looking time. A 2 (Infant age: 3.5 vs. 6 months) x 2 (Stimulus race: Caucasian vs. Asian) x 2 (Orientation: Upright vs. Inverted) ANOVA revealed a significant main effect of orientation, $F(1,60) = 8.42$, $p = .005$, $\eta^2 = .12$, and a significant stimulus race x orientation interaction, $F(1,60) = 4.84$, $p = .032$, $\eta^2 = .07$. There were no other significant main effects (Infant age, $F < 1$; Stimulus race, $F[1,60] = 1.58$, $p = .214$) or interactions (all F s < 1). This null age outcome indicates that the 3.5- and 6-month-old infants did not respond differentially to the adult faces.

To follow-up the significant interaction and determine whether preferences were significantly different from chance (50%), two-tailed one-sample t -tests were applied at the group level and binomial probability was assessed at the individual level⁹. Mean preference for upright adult Caucasian faces (56.5%, $M = 11.30$ s, $SD = 1.66$ s) was significantly above chance $t(31) = 4.20$, $p < .001$, and 24 of 32 infants had preferences above 50% binomial probability, $p = .007$. By contrast, mean preference for upright adult Asian faces (51%, $M = 10.19$ s, $SD = 2.39$ s) did not differ significantly from chance, $t(31) = .44$, $p = .661$, and only 13 of 32 infants had above-50% preferences (binomial probability, $p = .377$). Mean preferences for Asian (49.08%, $M = 9.10$ s, $SD = 1.54$ s) and Caucasian (47.66%, $M = 8.47$ s, $SD = 2.06$ s) inverted adult faces were not significantly different from chance, $t(31) = -0.79$, $p = .438$ and $t(31) = -1.43$, $p = .161$, respectively. Only 12 of 32 infants had preferences above 50% for Caucasian adult stimuli, $p = .215$ and just 18 of 32 infants had above-50% preferences for the Asian stimuli, $p = .597$. Group means are depicted in Figure 5.4. A preference for adult faces was only evident for upright Caucasian faces. Loss of the own-race adult preference with inversion indicates that the effect was not due to low-level stimulus properties.

⁹ Preferences ($> 50\%$ looking time) for the adult stimuli were calculated for each infant based on their proportion of looking time (averaged across the two trials) for each race. The number of infants who preferred the adult stimuli was recorded and a binomial probability test was performed to assess whether or not this number was significantly above chance.

We also examined whether presence of a sibling (age < 10 years) influenced preference for the upright Caucasian adults. An independent groups *t*-test revealed no significant difference in preference for the Caucasian adults based on whether the infant had a sibling ($M = 56.27\%$, $SD = 9.50\%$) or not ($M = 56.04\%$, $SD = 7.18\%$), $t(30) = -0.08$, $p = .939$. Thus, the presence of a sibling did not influence infant preference for own-race adult faces.

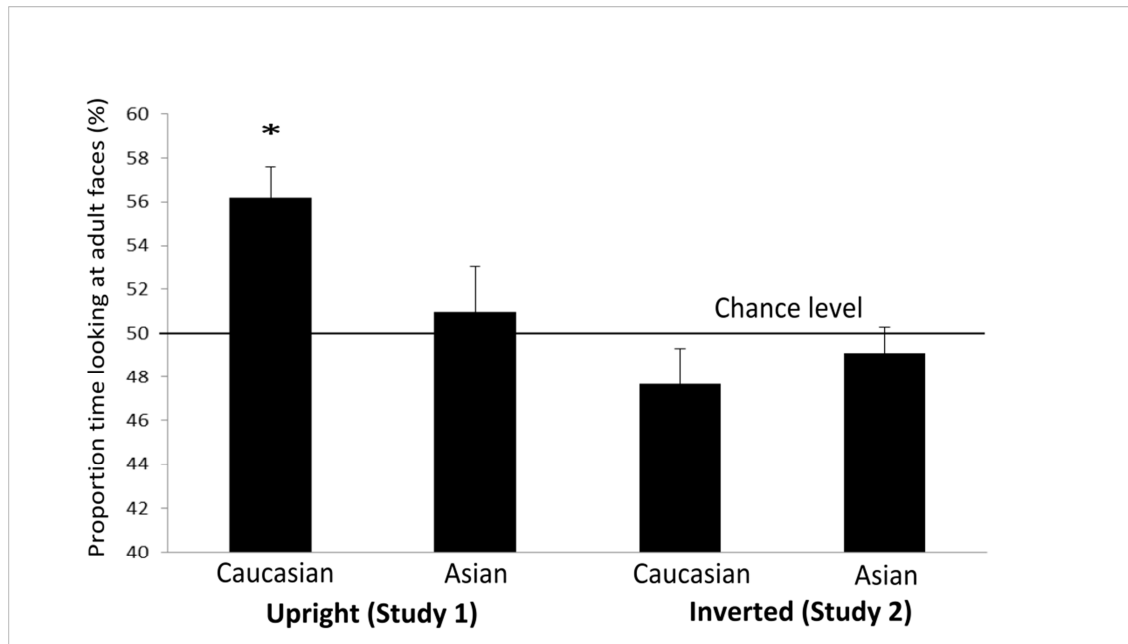


Figure 5.4: Infant preference for Caucasian and Asian upright and inverted adult faces.

5.2.4 Discussion

The present study investigated whether infants prefer infant or adult faces. Caucasian 3.5- and 6-month-olds showed a visual preference for adult over infant faces with Caucasian faces, but not with Asian faces. The preference would appear to be driven by frequent exposure to adult faces in the first months of life (Rennels & Davis, 2008; Sugden et al., 2014). In the present investigation, exposure to other infants was minimal given that all of the infant participants were reared at home.

One could argue that preference for adult over infant faces is innate. Infants may have developed through evolution an inherent representation of the face that matches more closely with an adult face. However, this possibility strikes us unlikely given that the preference for adult faces by infants was modulated by face race. If representation of the adult face was

innate, then one would not have expected it to be modulated by experience. One might counter-argue that an innate representation could be an adult own-race face, but the evidence indicates that newborns do not display a preference for own- over other-race adult faces (Kelly et al., 2005). By this reasoning, alongside the inversion results eliminating lower-level stimulus based accounts, we favor an experientially-based account of the findings.

The data are consistent with Macchi Cassia's work indicating that adults, children, and infants as young as 9 months of age are typically better at recognizing adult than infant or child faces (Macchi Cassia, Bulf, et al., 2014; Macchi Cassia, Kuefner, et al., 2009; Macchi Cassia et al., 2012, 2013; Macchi Cassia, 2011). Moreover, the present results have implications for how such an adult-age bias in face processing may develop. Predominant exposure to adult faces induces a visual preference for such faces at 3.5 and 6 months. By 9 months, greater visual attention to adult faces may translate into superior recognition of such faces. A similar account has been advanced to account for how infants come to demonstrate an own-race bias in face processing (Kelly, Liu, et al., 2007).

Consistent with an experientially-based account, we did not expect 3.5- and 6-month-olds to prefer adults over infants for other-race faces since infants spend limited time in interactions with other-race individuals in the first year of life (Rennels & Davis, 2008; Sugden et al., 2014). The current results are consistent with Macchi Cassia, Luo, et al.'s (2014) finding that 3-year-olds without an older sibling were better at discriminating adult than child faces if they were own-race, as compared with other-race. Additionally, the lack of preference for other-race adult faces is in line with Quinn, Uttley, et al. (2008), who reported that the gender preferences of 3-month-olds are only evident for own- but not other-race faces.

The tuning properties of the face representation of children and adults vary as a function of experience with differently-aged faces: 3-year-olds with an older sibling were equally good at differentiating adult or child faces (Macchi Cassia, Luo, et al., 2014; Macchi Cassia et al., 2012). In the present study, the presence of an older sibling living did not influence the preference by infants for adult faces. This result should be interpreted with caution given the null outcome and the small sample size. Nonetheless, it is unlikely that infants had as much exposure to siblings at 3-6 months as would be the case when they are 3 years of age. Even in families with child siblings, infants still experienced adult faces (77%) more frequently than child faces (9%) (Rennels & Davis, 2008). The current finding is

additionally consistent with the finding that the gender of siblings does not influence the preference for girl over boy faces in 3- to 4-month-olds (Quinn et al., 2010).

The findings also have theoretical implications for face processing models. That is, are the different social attributes of faces processed by infants independently in parallel (V. Bruce & Young, 1986) or is there a hierarchy in which some attributes trump others? Previous research suggests that race supersedes gender (Quinn, Uttley, et al., 2008). For age and gender, changing face age does not affect the gender preference (Quinn et al., 2010). Likewise, the current study demonstrates that changing face gender does not remove the age preference for Caucasian adults. These results are consistent with age and gender being processed in parallel or at the same level in a hierarchy. For age and race, the current results show that changing race blocks the preference for adult faces. What is not known, however, is whether changing face age from adult to infant would block infant preference for same-race faces. Although an own-race bias was observed only for adult faces in 3-year-olds (Macchi Cassia, Luo, et al., 2014), it is unclear whether such a bias would be present at 3-6 months. Further data will be needed to determine what may turn out to be a complex processing scheme for the different social attributes of faces. Adding to the complexity is the possibility that the dynamics of the scheme could change from infancy to childhood.

Of additional theoretical significance is that infants in the current study did not use a “like me” representation as is evident in imitation studies (Meltzoff, 2007). Use of a “like me” representation would have presumably produced the opposite preference, namely, a preference for infant over adult faces. When displaying social preferences, infants may rely more on a representation that approximates the caregiver (i.e., “like caregiver”), or at least a representation that is close to the faces experienced most frequently in the everyday environment (Quinn et al., 2010). The different results taken together suggest that infants may use multiple reference points to guide responding in the social world.

5.2.5 Acknowledgements

This research was supported by an ESRC Fellowship (PTA-026-27-1525) awarded to the first author, by Grant R01 HD-46526 from the National Institute of Child Health and Human Development, and a PhD scholarship from the French Department of Research and Higher Education to FD. We thank three anonymous reviewers for their comments, the parent and infant participants, and James Delaney for assistance with stimulus preparation.

Encart 3: Résumé Etude 2

Cette étude a permis d'établir l'existence d'un biais visuel pour les visages d'adultes chez les nourrissons de type européen de 3 et 6 mois. Ce biais est modulé par le type de visage. Les nourrissons ont présenté une préférence pour des visages d'adultes par rapport à des visages de nourrissons dans le cas où les paires de visages étaient de type familial (i.e., européen) alors qu'aucune préférence n'était visible lorsque les paires étaient de type non familial (i.e., chinois). La disparition de la préférence lorsque les visages étaient présentés à l'envers a permis d'écarter une explication en termes de différences de propriétés de bas-niveau entre les visages d'adultes et de nourrissons. Ces résultats sont à mettre en parallèle avec les préférences observées pour l'espèce (Di Giorgio et al., 2012; Heron-Delaney, Wirth, et al., 2011; Sanefuji et al., 2013), le type (Kelly et al., 2005; Kelly, Liu, et al., 2007; Liu, Xiao, Xiao, et al., 2015) et le genre (Liu, Xiao, Quinn, et al., 2015; Quinn et al., 2002), préférences qui sont toutes corrélées à une expérience différentielle pour certaines catégories de visages par rapport à d'autres. Tout comme dans le cas des préférences de genre, la préférence pour les visages d'adultes est cloisonnée au type de visages familial (Quinn, Uttley, et al., 2008). Ces préférences peuvent se comprendre comme des biais dirigés vers les visages proches de la tendance centrale d'un face-space en développement. Le prototype représentant les caractéristiques moyennes de tous les visages du face-space, celui-ci reflétera l'expérience asymétrique des nourrissons et tendra vers un visage d'adulte européen.

5.3 Etude 3. Evolution des préférences pour les visages d'adultes après 6 mois.

Objectif : Cette étude poursuit les travaux précédents chez des nourrissons plus âgés afin d'étudier la trajectoire développementale des préférences pour les visages d'adultes européens. Les préférences de genre et de type s'avèrent toutes deux disparaître après 6 mois (Liu, Xiao, Quinn, et al., 2015; Liu, Xiao, Xiao, et al., 2015), et l'on peut faire l'hypothèse qu'il en va de même pour les préférences liées à l'âge des visages. Aussi nous avons testé les préférences des nourrissons de 9 et 12 mois pour des visages d'adultes ou de nourrissons. Afin de contrôler un éventuel biais lié aux propriétés de bas-niveau, les visages ont été présentés également à l'envers.

5.3.1 Méthode

5.3.1.1 Participants

Vingt nourrissons de 9 mois (10 filles, $M = 284.55$ jours, $ET = 6,01$ jours) et 20 nourrissons de 12 mois (14 filles, $M = 375,45$ jours, $ET = 4,84$ jours) ont participé à cette étude. Treize nourrissons supplémentaires ont été exclus de l'analyse, du fait de biais de côté (i.e., Temps de regard d'un côté $\geq 95\%$ du temps total de présentation, $n = 3$ pour les nourrissons de 9 mois, $n = 2$ pour les nourrissons de 12 mois) ou parce que le temps de regard total par essai était insuffisant (i.e., temps de regard additionné pour les deux visages $< 50\%$ du temps de présentation, $n = 2$ pour les nourrissons de 9 mois, $n = 6$ pour les nourrissons de 12 mois). La plupart des nourrissons allaient à la crèche (70% des nourrissons de 9 mois, $n = 14$, et 80% des nourrissons de 12 mois, $n = 16$).

5.3.1.2 Matériel et procédure

Les stimuli étaient des photographies en noir et blanc de nourrissons ($n = 8$) et d'adultes ($n = 8$). Les visages d'adultes étaient issus de la base de données NimStim (Tottenham et al., 2009) ou de notre propre base de données, et tous les visages de nourrissons provenaient de notre base de données. Huit paires adulte/nourrisson ont été formées, appariées sur la base du genre (quatre représentants des visages masculins et quatre des visages féminins). Il est notoirement difficile d'obtenir des photographies de nourrissons avec une expression neutre et la bouche fermée – et regardant l'objectif. Aussi, dans les cas où les nourrissons avaient la bouche légèrement ouverte, les visages d'adultes associés furent choisis parmi des visages ayant également la bouche entrouverte. Chaque nourrisson a vu

quatre paires de visages, deux à l'endroit et deux à l'envers, représentant des individus différents pour chacun des quatre essais. L'orientation des visages était contrebalancée entre les nourrissons, et la position gauche/droite des visages d'adultes et de nourrissons était contrebalancée en intra-sujet. Les paires de visages ont été présentées durant 10 secondes à partir du premier regard du nourrisson vers l'un des stimuli.

5.3.2 Résultats et discussion

Les temps de regard ont été convertis en pourcentages afin d'indiquer le pourcentage de temps où les nourrissons ont regardé les visages d'adultes en proportion du temps total. Nous avons réalisé une ANOVA sur ces proportions de temps de regard, 2 (âge des nourrissons, 9 et 12 mois) x 2 (orientation : à l'endroit ou à l'envers). Quoique l'analyse montre un effet marginal de l'âge, $F(1,38) = 3,96$, $p = .053$, $\eta^2 = .09$, aucun autre effet n'approche la significativité (Orientation et Age*Orientation, $F_s < 1$). L'effet marginal de l'âge est lié à la diminution de la préférence pour les visages d'adultes entre 9 et 12 mois, principalement dans la condition « visages à l'endroit » (voir Tableau 1). Par ailleurs, aucune des proportions de temps de regard par groupe d'âge ne diffère du niveau du hasard (50%).

Tableau 1 : Proportion de temps de regard vers les visages d'adultes avec écart-type chez les nourrissons de 9 et 12 mois en fonction de l'orientation des visages.

Age mois	Proportion moyenne de temps de regard pour les visages d'adultes, visages à l'endroit (<i>ET</i>)	Proportion moyenne de temps de regard pour les visages d'adultes, visages à l'envers (<i>ET</i>)
9	53,10% (11,53%)	51,30% (6,71%)
12	47,62% (9,81%)	49,16% (8,82%)

Dans notre échantillon, la plupart des nourrissons allaient à la crèche, aussi est-il difficile de tirer des conclusions solides sur l'effet de l'exposition ou non aux visages de nourrissons. Néanmoins, les six nourrissons de 9 mois sans exposition à cette catégorie de visages semblent présenter une moyenne de temps de regard plus importante que les nourrissons ayant une expérience de la crèche (voir Tableau 2). La différence entre les deux groupes n'est toutefois pas significative ($t[18] = 0,90$, $p = .379$). Quoique la différence de moyenne suggère que la diminution de la préférence pour les visages d'adultes puisse être liée à l'exposition aux visages de nourrissons, le faible nombre de nourrissons sans exposition à

cette catégorie impose de rester prudent sur cette conclusion. En outre, cette tendance n'apparaît pas à 12 mois.

Tableau 2: Proportion des temps de regard pour les visages d'adultes (et écart-type) des nourrissons de 9 et 12 mois, en fonction de l'expérience avec les visages de nourrissons, et de l'orientation des visages.

Exposition aux visages de nourrissons	<i>N</i>	Age mois	Visages à l'endroit	Visages à l'envers
non	6	9	56,67% (10,76%)	53,52% (10,06%)
oui	14	9	51,56% (11,89%)	50,36% (4,86%)
non	4	12	47,01% 11,85%)	53,77% (5,15%)
oui	16	12	47,77% (9,65%)	48,00% (9,28%)

Chapitre 6. Traitement des visages de différentes catégories d'âges

Les nourrissons sont dans les premiers mois majoritairement exposés à des visages d'adultes, essentiellement les parents (Rennels & Davis, 2008; Sugden et al., 2014). Pour autant, des personnes familières appartenant à une autre catégorie d'âge peuvent environner les nourrissons. Rennels et Davis (2008) ont noté que la seconde catégorie d'âge à laquelle les nourrissons étaient le plus exposés après les visages du groupe d'âge des parents est celle des enfants (i.e., 2-6 ans pour l'étude de Rennels et Davis, 2008) par le biais des frères et sœurs – lorsqu'il y en a. Les nourrissons sont toutefois exposés à ces visages dans une plus faible mesure que les visages d'adultes (i.e., 9% des interactions avec les frères et sœurs contre 77% des interactions pour les visages d'adultes, Rennels et Davis (2008). D'autres nourrissons pourraient de plus avoir une expérience des visages de nourrissons, s'ils vont par exemple quotidiennement à la crèche ou s'ils ont un jumeau. Rennels et Davis (2008) ne reportent pas l'exposition à des visages de nourrissons, probablement parce que celle-ci était nulle ou négligeable dans leur échantillon, mais ce type d'expérience peut exister.

On peut se demander si cette expérience va influencer les préférences des nourrissons, et si oui, dans quelle mesure. L'expérience avec les visages de nourrissons ou d'enfants est différente de l'expérience avec les visages d'adultes tant quantitativement que qualitativement, surtout si l'on considère les visages des parents, pour lesquels l'expérience perceptive est également associée à des renforcements issus de la satisfaction des besoins primaires (e.g., soins, nourriture, affection). Pour ces raisons, il n'est pas évident que le poids du visage des frères et sœurs dans le *face-space* soit similaire à celui du visage des parents. Il est ainsi difficile de prédire de quelle manière l'expérience avec les visages d'enfants ou de nourrissons va influencer les préférences pour ces catégories de visages. Quelle que soit l'expérience des nourrissons vis-à-vis de ces deux catégories de visages, celles-ci se trouveront éloignées du prototype de visage d'adulte.

Il faut de plus noter que les visages de nourrissons sont intrinsèquement plus proches de la conformation du visage des enfants que de celle des adultes du fait du lien structurel provenant de la trajectoire développementale du crâne. En effet, les visages de nourrissons sont morphologiquement plus déformés selon la transformation cardioïdale (voir chapitre 3, section 3.1.3.1) que les visages d'enfants, qui le seront à leur tour plus que les visages d'adultes. D'une certaine manière donc, les visages de nourrissons seront plus éloignés du prototype global que les visages d'enfants, et plus atypiques dans leur configuration faciale.

6.1 Etude 4. Préférences pour les visages d'enfants et de nourrissons en fonction de la familiarité catégorielle ou individuelle

Objectif : Le but de cette étude est de tester les préférences des nourrissons de 3 à 12 mois pour des catégories de visages d'enfants (i.e., 5-7 ans) ou de nourrissons (i.e., 6 mois), en fonction de leur expérience avec ces catégories d'âges. Quatre groupes d'expérience ont été formés : Sans expérience, Expérience avec les visages de nourrissons, Expérience avec les visages d'enfants, ou Expérience avec les visages de nourrissons et d'enfants. Dans un second temps, nous avons testé l'influence de la familiarité individuelle plutôt que catégorielle en présentant des photographies de personnes réellement familières (i.e., frères ou sœurs réels du nourrisson) appariées avec des photographies de nourrissons inconnus.

When novelty prevails on familiarity: infants' preferences for child and infant

Damon, Fabrice. ^{1,2}, Quinn, Paul C. ³, Lee, Kang. ⁴, & Pascalis, Olivier. ^{1,2}

¹Univ. Grenoble Alpes, LPNC, Grenoble, France

²LPNC, CNRS, Grenoble, France

³Department of Psychological and Brain Sciences, University of Delaware, USA

⁴Institute of Child Study, University of Toronto, Canada

Abstract

The current study aimed to investigate the influence of experience with infant and child faces on face preferences in 3- to 12-month-old infants. Numerous studies have emphasized that familiarity frequently drove infants' visual behavior when it comes to social choices. According to the familiarity hypothesis, infants daily exposed to child faces might be attracted by pictures of child faces when compared to infant faces, whereas infants without such experience should not. Similarly, infants daily exposed to infant faces might be attracted by pictures of infant faces when compared to child faces. Infants faces might also be spontaneously attractive, either because of the facial infantile characteristics (baby schema), or because of a peer-preference (like-me preference) in infants. Infants from 3- to 12-months of age were presented with pairs of photographs of child and infant faces, to investigate preferences with a visual preference procedure. Groups of infants with differential experience with infant and child faces were composed from parent's reports of daily exposure with infants and children. Results showed that infants displayed a preference for the novel category of face, relatively to their experience with infant and child faces. However, this tendency was reversed when infants were presented with pictures of their sibling, but not before 12 month of age. The results are discussed in terms of competition between familiarity and novelty in infants' visual preferences.

Keywords: familiarity; novelty; infants; child faces; infant faces; sibling.

6.1.1 Introduction

Among all visual stimuli surrounding infants, the human face is one of the most prominent: 3-month-old infants spend 25% of their waking time seeing faces (Sugden et al., 2014). This massive exposure has strong repercussions on the infants' face preferences, and the influence of visual experience has drawn much attention these last few decades.

Infants' face experience during the first year of life usually includes large discrepancies in the race, sex, and age of faces encountered (Rennels & Davis, 2008; Sugden et al., 2014). Asymmetrical experiences are known to be correlated with visual preferences towards the most frequently encountered face types, like own-species preference (Di Giorgio et al., 2012; Heron-Delaney, Wirth, et al., 2011; Sanefuji et al., 2013), own-race face preference (Bar-Haim et al., 2006; Kelly et al., 2005; Kelly, Liu, et al., 2007; Liu, Xiao, Xiao, et al., 2015), adult-face preference (Heron-Delaney et al., submitted)), and primary caregiver gender preference (Liu, Xiao, Quinn, et al., 2015; Quinn et al., 2002; Quinn, Uttley, et al., 2008). These preferences likely reflect the massive exposure with the primary caregiver's face, since half of the infants' total facial experience during the first year is with the primary caregiver (Rennels & Davis, 2008). The caregiver's face may therefore be heavily weighted in the infant representation of faces (Pascalis et al., 2005; Quinn et al., 2002). As a consequence, unfamiliar individuals who share some facial characteristics with the caregiver's face are might also be preferred over other individuals without these characteristics (e.g., female face preference, Quinn et al., 2002). Other kind of faces can be present in the infant's surrounding, typically, it is the case in infants with an (or more) older sibling. These infants are daily surrounded by their sibling (i.e., child faces) who may solicit them for various social interactions. Children represent indeed the second age group with whom infants interact most after the caregivers' age group (i.e., 9% of interactions, Rennels and Davis, 2008). These infants (infants with sibling IWS) might present a familiarity bias toward child faces, as long as it is compared with an unfamiliar category of face (e.g., infant faces). The same argument can apply to infant faces exposure via nursery or day-care, although such exposure was not documented by Rennels and Davis (2008). Infants exposed to infant faces might present a bias toward them compared to child faces.

It has also been suggested that infants could be spontaneously attracted by infant faces (McCall & Kennedy, 1980; Sanefuji, Ohgami, & Hashiya, 2005, 2006), those being appealing in adults (Brosch et al., 2007; Golle et al., 2013; Luo et al., 2011; Proverbio et al., 2011;

Sprenghelmeyer et al., 2009). The infant facial characteristics (i.e., protruding forehead, round face, big eyes below the midline of the face, and small nose or mouth) form what Lorenz (1943) called the “baby schema”. These facial features are supposed to trigger an innate releasing mechanism for care-taking behavior and decreased aggression, as adaptive responses. Unlike many other mammals, human infants are helpless without adults during a prolonged period of time, thus it would be highly adaptive that their physical appearance promotes nurturing and protection to surrounding potential caregivers. Adults, indeed, tend to prefer infant faces over adult faces (Luo et al., 2011), are more responsive to infantile cues (Golle et al., 2013; Hildebrandt & Fitzgerald, 1979; Little, 2012; Sprenghelmeyer et al., 2009), and have their attention captured more by infant than adult faces (Brosch et al., 2007; Proverbio et al., 2011). Evidence of this effect was also reported in 5-year-old children (Sanefuji et al., 2007), but the few studies which tested spontaneous preferences for infant over adult faces in younger infants either failed to show evidence of preference (Lewis & Brooks, 1975, Sanefuji et al., 2005) or rather showed an adult face preference (Heron-Delaney et al., submitted).

It has been argued that the sensibility to the baby schema might be weaker than the overwhelming familiarity preference for adult faces, which may have masked any baby schema effect (Sanefuji et al., 2005). If so, infants should prefer to look at infant faces than other-age faces, provided that they are not from the age-group of the infants’ primary caregivers (e.g., child faces). Supporting this view, Lewis and Brooks (1975) reported longer looking times for colored photographs of infant faces than for child faces in 9- to 20-month-olds, and Sanefuji et al. (2005) showed that 7- and 8-month-olds had longer first looks for silent movies of infants than children. Another interpretation of the infant preference for infants over older children reported above is a preference for “similar other”. Literature from imitation studies reported that infants can match their own behaviors with gestures they observed others performing, relying on a “human like-me” representation (Meltzoff & Moore, 1977, 1983; Meltzoff, 2005). Sanefuji, Ohgami, and Hashiya, (2005, 2006) go further and proposed that infants could also display a preference for similar other (peer preference) which brings out infants to look longer at same-age infants over older infants or children.

We investigated 3.5-, 6-, 9-, and 12-month-olds preferences for unfamiliar infant (6-month-old) and child (5-7 years-old) faces. Following the different hypotheses mentioned above, several predictions can be drawn. Firstly, if familiarity is driving preferences, infants exposed to child faces should display a child face preference, whereas infants exposed to

infant faces should have a preference for infant faces. Secondly, infants with neither child nor infant faces experience, as much as infants with both kind of experiences should not present any specific bias. Finally, if there is an early effect of the baby schema, then we expect an infant face preference in all groups, especially in infants without experience of child or infant faces (i.e., without familiarity bias, if any).

Study 1

6.1.2 Method.

6.1.2.1 Participants.

A total of 200 infants participated in the experiment. Participants were 47 full-term 3.5-month-olds (26 females; age range = 101-142 days), 56 6-month-olds (23 females; age range = 179-200 days), 50 9-month-olds (27 females; age range = 266- 294 days), and 47 12-month-olds (19 females; age range = 365-388 days). A further 62 infants were eliminated from the analysis due to: technical problems or mother's interference during recording (n = 1 for 3-month-olds, n = 4 for 6-month-olds, n = 1 for 9-month-olds, and n = 1 for 12-month-olds), for changing state during the test (e.g., infant became too tired and/or started to sleep or cry; n = 1 for 6-month-olds, n = 1 for 9-month-olds), strong side bias (i.e., the infant looked in one direction for more than 95% of the looking time; n = 37 for 3-month-olds, n = 8 for 6-month-olds, n = 3 for 9-month-olds, n = 1 for 12-month-olds), or insufficient looking time toward the stimuli (i.e., the infant looked less than 50% of time, i.e., 5 seconds; n = 1 for 3-month-olds, n = 1 for 6-month-olds n = 2 for 9-month-olds). No infants had a twin. Experience groups were composed as follows:

Group (IE): infants with Infant face Experience only. Fifty infants had experience with infants younger than 36 months of age either at nursery or via their childminder. (In France, infants attend nursery from 3 to 36 months of age).

Group (NE): infants with No Experience neither with infant nor child faces. Fifty infants had no siblings and did not attend nursery. If look after by a childminder, they were not with other infants or children.

Group (BE): infants with both infants and child face Experience. Fifty infants attended nursery and had at least one sibling older than 36 months of age (mean age = 4.8 years; SD = 2.2; age range = 3 - 11 years), or were cared by a childminder with at least one infant from 3-

to 36 months of age and one infant older than 36 months of age but they didn't have a sibling or they both had sibling?.

Group (CE): infants with Child face Experience: Fifty infants had at least one sibling older than 36 months of age (mean age = 4.8 years; SD = 2.2; age range = 3 - 11 years), or cared by a childminder with at least one child older than 36 months. These infants did not go to the nursery, and were not exposed daily to infant faces.

6.1.2.2 Stimuli.

The stimuli presented to infants were 16 color photographs of child and infant faces, children were 5-7 years, and infants were 6 months of age. Faces are paired to match eyes and hair color, and, so far as possible, overall similarity. All faces were presented against a white background (see Figure 6.1a). Faces were presented in frontal orientation with neutral or slightly positive expressions. Pictures were cropped so that hairlines were visible, but hairstyles were fairly uniform across the stimuli. Stimulus size and brightness were kept uniform by using Adobe Photoshop. When projected onto the screen, each picture was 17.5-cm high and 14-cm wide, and separated by a 22-cm gap (subtending approximately $28^\circ \times 23^\circ$ visual angle at 60 cm viewing distance). There were 8 different face sets, four with male faces, and four with female faces. Each set contained two pairs of child/infant faces. Examples of the stimuli can be found in Figure 6.1. Infant and child faces were rated on attractiveness by twenty undergraduate students who were given course credit compensation. Faces were rated on a 9-points Likert scale (i.e., 1= not attractive at all, 5 = neutral, 9 = very attractive). There was no significant differences between infant and child faces, $t(19) = -1.40$, $p = .18$ (Mean for infant faces = 4.84, SD = 1.47, Mean for child faces= 5.19, SD = 0.89).

6.1.2.3 Procedure.

Infants were seated on their mother's or father's lap approximately 60-cm away from a large screen which displayed the images. The experimenter remained out of sight during testing, and both the mother and the experimenter remained silent. Each infant saw two child/infant pairs of photographs. Each pairs presented contained a different child and infant for each trial. Left-right positioning of the photographs was counterbalanced across infants on the first trial and then reversed on the second trial. Gender was counterbalanced between infants. Before each trial an attention getter screen was presented until the infant looked at the middle of the screen. The trial started when the infant looked at one of the two stimuli and

ended after 10 seconds had elapsed. An experimenter observed the infant's eye movements which were captured via a digital camera recording, specialized for low-light conditions, that was positioned above the screen. Time was recorded and displayed on the video recording. The film was subsequently digitized to be analyzed frame by frame on a computer using specialized software. An independent observer recoded 25% of the data for reliability. Both observers were blind to condition. Average level of inter-observer agreement was high (Pearson $r = .96$).

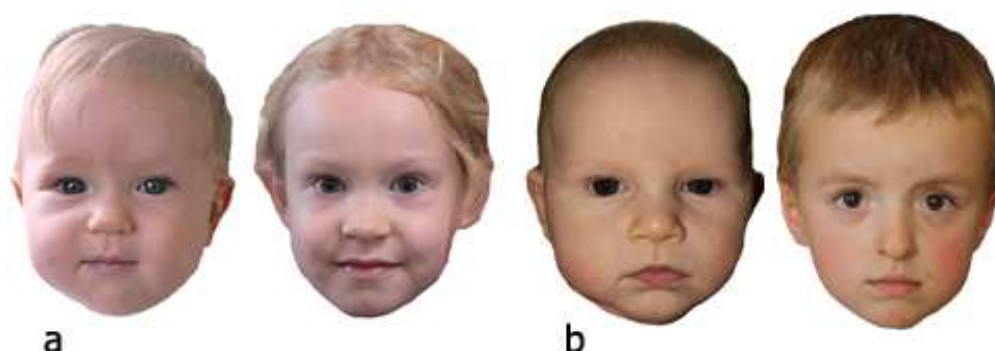


Figure 6.1: Examples of the infant and child faces used as stimuli in study 1 (a) and study 2 (b).

Analyses were performed on the percentages of time spent looking at the infant faces for each participant. These scores corresponded to the summed looking time to infant faces divided by the summed looking time to both child and infant faces, converted then to a percentage score. Percentage scores superior to 50% mean that infants looked longer toward the infant faces than the child faces. All analyses were performed with an alpha threshold defined at $\alpha = .05$.

6.1.3 Results and discussion

We conducted a between-subject ANOVA with experience with infant and child faces (groups IE, NE, BE, and CE), and the Participants age (days) as continuous variable on the proportion of looking time at infant faces. As it can be seen in Figure 6.2, the analysis yielded a main effect of experience with infant and child faces, $F(3, 192) = 11.61, p < .001, \eta^2 = .15$.

There was no effect of Participant age ($F[1,192] < 1$), nor any interaction (participant age x experience with infant and child faces $F[3, 192] < 1$).

According to the familiarity preferences hypothesis, we expected the following group order: group (IE) > group (NE) = group (NE) > group (CE), which correspond to the planned contrast (-1 0 0 1). Instead of a familiarity preference (see Figure 6.2) we found a novelty preference, but the corresponding contrast is mathematically equivalent. The analysis revealed that the contrast was significant, $F(1, 192) = 33.84, p < .001, \eta^2 = .15$, and explained 97% of the total variance of the experience effect. The test of the residual treatment (the unexplained variance) was not significant, $F(2, 192) = 0.50, p = .61$. Group (IE) looked less than other groups toward infant faces, whereas group (CE) looked more than other groups toward infant faces. This pattern of results was similar at the individual level, when looking at the proportion of infants showing preference above 50% for infant faces. Group IE, 21 of 50 infants had preferences above 50%, binomial probability, $p = .32$; group NE, 32 of 50 infants had preferences above 50%, binomial probability, $p = .065$; group BE, 34 of 50 infants had preferences above 50%, binomial probability, $p = .015$; and group CE, 44 of 50 infants had preferences above 50%, binomial probability $p < .001$. To confirm that the experience effect was associated with a reliable preference for infant or child faces, we tested the groups mean percentage scores of looking time against chance (i.e., 50%) by performing one-sample Student *t*-tests (Table 2).

Table 2. Mean Proportion of Looking Time toward Infant Faces in IE, NE, BE, and CE Experience Groups.

Experience group	<i>n</i>	Mean (<i>SD</i>)	<i>t</i> (against 50%)	<i>p</i>
IE	50	48.09 (9.90)	-1.36	.180
NE	50	52.50 (10.78)	1.64	.108
BE	50	51.78 (8.27)	1.52	.135
CE	50	58.70 (7.45)	8.26	<.001

When compared to chance, only CE presented reliable preferences for infant faces. Such outcome reflects an asymmetry in the experience with child and infant faces. Experience with child faces was mostly provided by older sibling, to whom infants are exposed since their birth, whereas infant face experience was provided through day-care, to which they usually do not attend before 3 months of age. Another possibility is that the chance level of 50% might not be the most accurate estimate of the natural preference of infants for infant and

child faces. The preference score from the No Experience group (NE) might be a better estimate of the infant's spontaneous preference than the chance level of 50%. When this baseline group is taken to be the natural preferences against which the preferences scores of the other groups are compared, the asymmetry disappear. Both Groups (IE) and (CE) are significantly different from the baseline score ($t[49] = -3.15$, $p = .003$ and $t[49] = 5.88$, $p < .001$ respectively, $\alpha_{\text{Bonferroni-adjusted}} = .012$), whereas Group (BE) is not ($t[49] = -0.62$, $p = .54$, $\alpha_{\text{Bonferroni-adjusted}} = .012$).

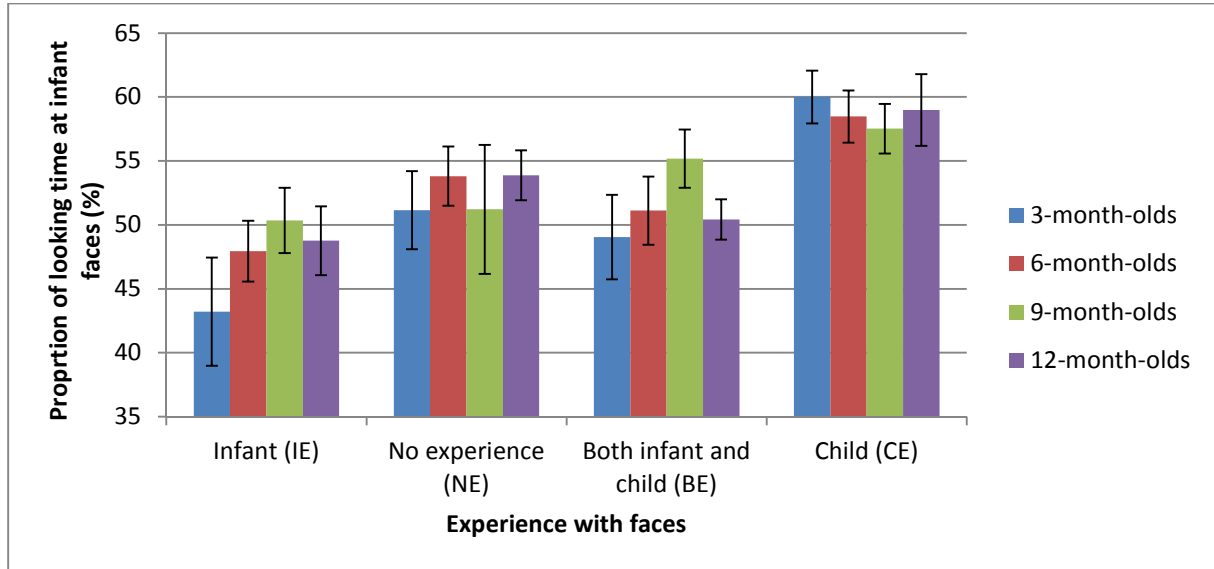


Figure 6.2: Mean proportion of looking time at infant faces by age groups, as function of the experience with infant and child faces. Error bars are standard error of the mean.

This make sense under a novelty account of preferences, since group (IE) and (CE) are composed of infants who are only exposed at one category of face, thus showing preference for the one they are not exposed to. Conversely, infants exposed to both categories of faces (BE) have not a significantly different behavior than infants without any experience (NE). Infants looked more at the novel category of faces, depending on their past experience with these faces. The less they have been exposed to infant and child faces, the more they seems to attend to them.

Overall, the pattern of results supports a modulation of the preference depending on the infants' experience with infant and child faces. Yet, neither the exposition to child faces nor the exposition to infant faces brought out familiarity preferences, as reported for female faces (Quinn et al., 2002), own-race faces (Bar-Haim et al., 2006; Kelly et al., 2005), or adult faces (Heron-Delaney et al., submitted). Strikingly, we observed a preference for the most unfamiliar category (i.e., infant faces for infants exposed to child faces, and child faces for

infants exposed to infant faces). Whereas there are visual preferences for unfamiliar individuals sharing some facial characteristics with the caregiver, such was not the case for child and infant faces, where the novel category of faces was preferred. This outcome suggests that novelty and familiarity might be always in competition for attention in infant's visual behavior. When infants are not presented with pairs of stimuli for which there is a huge difference in terms of familiarity (e.g., own/other-race faces), the novelty seems to prevail.

In the current study, infants had a categorical familiarity with the stimuli, but the individual faces presented were unfamiliar. In Study 2, we specifically investigated the influence of personal familiarity on face preferences, by presenting pictures of familiar child faces (i.e., picture of the actual siblings of the infants) contrasted with unfamiliar infant faces. Each infant was matched with another infant on age and categorical experience with infant and child faces to ensure that categorical and personal familiarity were not conflated, and to be able to distinguish each specific contributions on face preference.

Study 2

6.1.4 Method.

6.1.4.1 Participants.

A total of 68 infants participated in the experiment. Participants were 14 3.5-month-olds (8 females; age range = 105-123 days), 12 6-month-olds (3 females; age range = 183-199 days), 20 9-month-olds (10 females; age range = 271- 291 days), and 22 12-month-olds (10 females; age range = 366-388 days). A further 16 infants were eliminated from the analysis due to technical problems ($n = 1$ for 3-month-olds, $n = 2$ for 12-month-olds), or strong side bias (i.e., the infant looked in one direction for more than 95% of the looking time; $n = 8$ for 3-month-olds, $n = 2$ for 6-month-olds, $n = 1$ for 9-month-olds, $n = 2$ for 12-month-olds). 34 infants (experimental group) were presented with pictures of one of their older sibling paired with an unfamiliar infant. 34 other infants, matched on age and exposure to infant and child faces with infants from the experimental group also participated in the experiment, as a control group. The pictures of infant and child faces were therefore unfamiliar to them. Infants' experience with child and infant faces was assessed in the same way than in Study 1. In total, there were 44 infants exposed to both infant and child faces, and 24 infant exposed to child faces only.

6.1.4.2 Stimuli.

Infants were presented with 34 pairs of child (age range = 3 - 11 years-olds) and infant (6 months of age) faces. Faces were paired to match eyes and hair color, and, so far as possible, overall similarity. All faces were presented against a white background (see Figure 6.1b). Faces were presented in frontal orientation with neutral or slightly positive expressions. Pictures were cropped so that hairlines were visible, but hairstyles were fairly uniform across the stimuli. Stimulus size and brightness were kept uniform by using Adobe Photoshop. When projected onto the screen, each picture was 17.5-cm high and 14-cm wide, and separated by a 22-cm gap (subtending approximately 28° x 23° degrees of visual angle at 60 cm viewing distance). Examples of the stimuli can be found in Figure 6.1b.

6.1.4.3 Procedure.

The procedure was similar to Study one, except for that the parents were blindfolded, to prevent them from interfering with their infants looking behavior (even involuntarily) by recognizing their child when presented on the screen. Besides they might have expectations about their infants' sibling recognition. Left-right positioning of the photographs was counterbalanced across infants on the first trial and then reversed on the second trial. Contrary to study one, the faces from the same individuals were used in trial one and trial two. An independent observer recoded 25% of the data for reliability. Average level of inter-observer agreement was high (Pearson $r = .98$).

6.1.4.4 Data Analyses.

Analyses were performed on the percentages of time spent looking at the infant faces for each participant. These scores corresponded to the summed looking time to infant faces divided by the summed looking time to both child and infant faces, converted then to a percentage score.

6.1.5 Results and Discussion

We conducted a between subjects ANOVA with the group type (experimental vs. control) and the experience with infant and child faces (Child and infant face experience vs. Child face experience), and the Participant age (days) as continuous variable, performed on the percentage of looking time at infant faces. The ANOVA also yielded a main effect of group type $F(1,60) = 7.07$, $p = .010$, $\eta^2 = .10$, indicating that infant from experimental group

looked less at infant faces than infant from control group. The analysis also revealed an effect of the Participant age, $F(1,60) = 6.27, p = .015, \eta^2 = .09$, showing that looking time toward infant faces decrease as infants grow older. More critically, Participant age moderated the effect of group type, $F(1,60) = 4.89, p = .031, \eta^2 = .075$ (see Figure 6.3). Hence, infants from the experimental group showed a downturn in looking time toward infant faces with increasing age $F(1,60) = 11.20, p = .001, \eta^2 = .16$, whereas infant from control group showed no modification of looking time toward infant faces with age, $F < 1$. This outcome indicated that as infants grow older, they develop a visual preference for the face of their sibling over an unfamiliar infant, overcoming the novelty preference for infant faces. There was no effect of Experience with infant and child faces ($F < 1$), nor any other interactions (Group type x Experience with child and infant faces, $F[1,60] = 1.52, p = .222$, Group type x Experience with child and infant faces x Participant age, $F[1,60] = 1.64, p = .205$). When infants were parsed by age group (3.5-, 6-, 9-, and 12-month-olds) only 12-month-olds infants showed reliable preference for the sibling faces, (looking time toward infant faces, $M = 44.44\%$, $SD = 6.54$, $t[11] = 2.82, p = .008$, one-tailed, Cohen's $d = 0.85$, all other p values $> .67$). Additionally, infants from control group showed similar looking time than infant from study 1, relative to their facial experience group (i.e., control group Child Experience (CE), $M = 57.30\%$, $SD = 4.71$, control group infant and child experience (BE), $M = 53.23\%$, $SD = 7.89$), thus replicating the results from study 1 with other infants and different stimuli. In contrast, infants from experimental group presented reliably different looking time toward infant faces than (BE) and (CE) study 1 groups (Experimental group $M = 50.15$, $SD = 7.36$, BE and CE study 1 groups, $M = 55.24$, $SD = 8.56$, $t[132] = 3.31, p = .001$, Cohen's $d = 0.68$).

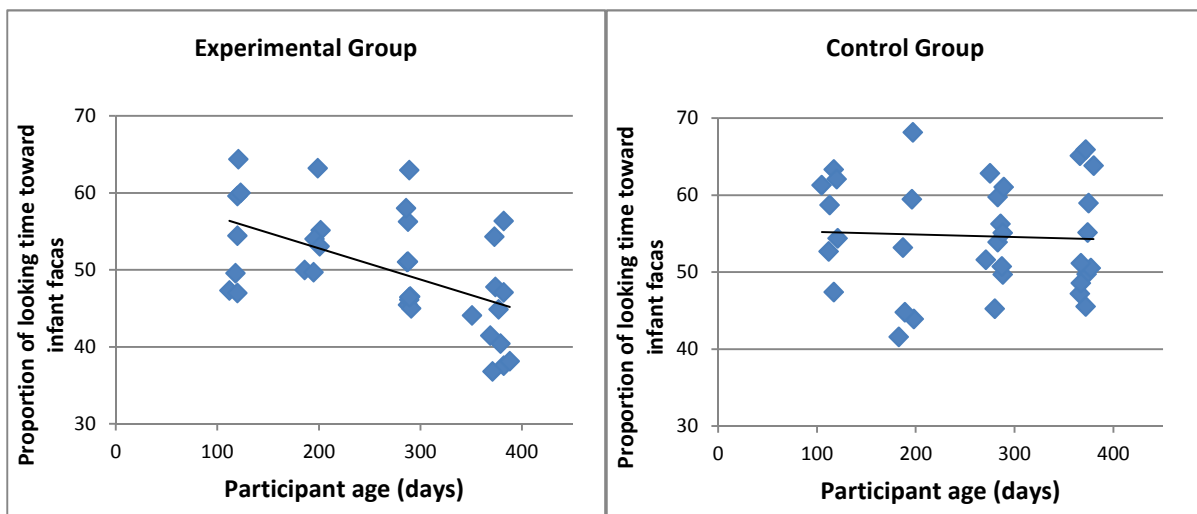


Figure 6.3: Scatter plots with regression line of looking time toward infant faces for infants from Experimental and Control groups as function of the Participant age.

6.1.6 General Discussion

The current study aimed to investigate infants' preference for infant and child faces depending on their prior experience with these categories of faces. We tested infants with differential amount of visual experience for infant and child faces. We found that infant faces elicited longer looking time in infants mostly exposed to child faces, whereas they elicited reduced looking time in infants mostly exposed to infant faces.

These findings can't be explained by an early sensitivity to the baby schema since the preferences for infant faces were limited to infants with experience with child faces. Plus, the group NE only presented a weak preference for infant faces ($M= 52.5\%$). For the same reasons, the results neither fit with a peer-preference. At the very least, an experience-based peer-preference could have been supported by an infant face preference in infants exposed to infant faces (i.e., group IE). However, the data are showing the opposite effect, with reduced looking time for infant faces in infants with daily infant faces experience. Infants from all age groups showed a preference for the novel category of face, relatively to their own experience with these categories. This novelty preference was somewhat asymmetrical: the preference for infant faces in CE group was stronger than the preference for child faces in IE group. A possibility is that infants have a spontaneous preference for infant faces, as suggested by the mean preference score slightly above 50% in infants exposed neither to infant nor child faces. This spontaneous preference might have enhanced the novelty preference in CE group and hindered the preference in the IE group, resulting in an asymmetry in favor of the infant faces. Such bias for infant faces may be the precursor of the adult sensitivity for infant faces (Brosch et al., 2007; Golle et al., 2013; Luo et al., 2011; Proverbio et al., 2011; Sprengelmeyer et al., 2009), but this may also reflect a peer-preference (Sanefuji, Ohgami, & Hashiya, 2005, 2006). We favour a third possibility, explaining both the spontaneous preference for infant faces and the novelty preferences by the same experience-based mechanism. When we consider the face dimension "age", faces can be ordered in terms of perceptual distance. Adult faces are closer to child faces than to infant faces, because infant faces have an atypical configuration (compared to adult faces) which progressively changes toward the adult configuration as infants grow older (Enlow, 1982). Although some infants might have never been exposed to child or to infant faces, they were obviously all exposed to adult faces. Hence, this was a well-known category, regardless of the infants' experience with other age categories, like infant or child faces. Given that, infant faces were relatively more novel when compared to child faces, even in infants without experience with both categories. This rationale also holds for infants

from IE, BE and CE groups since all infants were massively exposed to adult faces. The asymmetry in the results might then stem from this gradation of the faces relative novelty.

Novelty might also relate to the relative distinctiveness of the faces. Number of studies have reported infant preferences for distinctive or atypical faces (Griffey & Little, 2014; G. Rhodes et al., 2002). Infants might have presented a preference for the more distinctive or atypical face, relative to their experience. Infant faces could have been found distinctive because of their unusual face configuration compared to the typical adult configuration. Indeed, infant faces are at the extreme of the age dimension. Thus infants who have not been exposed to this category of faces might find it especially unusual. As said above, child faces are closer to adult faces than infant faces. Thus the effect of unusualness might have been less pronounced, hence the asymmetrical effect on infant preferences.

In study 1, the novelty preference reflected differences in experience with faces at a categorical level. When infants were presented with faces familiar not only at a categorical level but also at the identity level (study 2), we found an increasing preference for the face of the sibling with age, although only 12-month-old infants showed a preference significantly different from chance. It could be argued that this last outcome reflects less a bias for the age of the face than the recognition of a familiar individual. This result suggests that visual recognition of familiar individuals might develop far slower than recognition of the mother's face, although data on such topic are virtually nonexistent. It should be noted that to our knowledge, this is the first study documenting the development of visual bias for older siblings in infants during their first year of life. Although there is no reliable visual bias toward the siblings before 12-month of age, conclusion about infants recognition ability must be specified. Outside the laboratory, when infants encounter their siblings, they deal with multi-modal and dynamic stimuli. Here, the task was done by the visual modality alone, and with static pictures, a much more demanding task. Moreover, the absence of bias toward the sibling cannot be taken with confidence as evidence of a lack of recognition (although the reverse is true). Besides, the linear tendency of the increasing preference for the sibling face, compared to the control group, suggests that the visual behavior of the infants is modified by the personal familiarity even before 12-month of age. However, recognition may begin to be sufficiently solid to trump the novelty preference only by 12 months of age.

We acknowledge that our design, with categorical variables for experience with infant and child faces, prevented us to observe eventual modifications in the strength of the novelty

preferences. A quantitative measure of the exposition to child faces would have allowed the prediction of a correlation between the exposure to child faces and the strength of the novelty preference for infant faces. In the current study, infants with high and low amount of exposition to infant and/or child faces were necessarily collapsed, since we did not have access to this information. This might have covered such kind of subtle effect of experience on visual preferences.

In conclusion, we found that categorical familiarity with faces lead infants to attend more at faces from the novel category, which stands in contrast with previous reports of familiarity biases as observed for female faces (Quinn et al., 2002), own race-face (Bar-Haim et al., 2006; Kelly et al., 2005), and adult faces (Heron-Delaney et al., submitted). Such result illustrate that familiarity and novelty are both competing for infants' attention, even when it comes to social choices. By contrast, personal familiarity elicited familiarity preference, although not reliably before 12 month of age, suggesting that the recognition of familiar individuals other than the mother might develop slower than previously thought.

6.1.7 Acknowledgements

This research was supported by grant R01 HD-46526 from the National Institute of Child Health and Human Development, and a PhD scholarship from the French Department of Research and Higher Education to FD.

Encart 4: Résumé Etude 4

Nous avons testé les préférences des nourrissons de 3 à 12 mois pour des visages d'enfants ou de nourrissons en fonction de l'expérience avec ces catégories d'âges. Il s'est avéré que les nourrissons ont présenté des préférences pour la catégorie de visage la moins familière, donc dans une direction opposée aux prédictions. En revanche, cette préférence pour la nouveauté s'est inversée lors de la présentation des visages individuellement familiers (i.e., vrais visages des frères et sœurs des nourrissons) appariés avec des visages de nourrissons inconnus. Cette inversion n'était toutefois manifeste que chez les nourrissons de 12 mois, suggérant que la reconnaissance individuelle des frères et sœurs se développe bien plus lentement que celle du visage de la mère. Si l'on considère que les biais de familiarité pour les catégories de visages (e.g., adultes, type, genre) sont liés à de fausses reconnaissances d'individus familiers, on peut concevoir qu'en l'absence de reconnaissance des visages des frères et sœurs on n'observe pas non plus de préférence pour cette catégorie d'âge.

Les résultats suggèrent que la nouveauté et la familiarité sont en compétition pour l'attention des nourrissons, et que la familiarité seule ne peut expliquer l'ensemble des préférences. Les préférences avaient par ailleurs un caractère asymétrique, l'attraction pour la catégorie nouvelle étant plus marquée pour les nourrissons uniquement exposés aux visages d'enfants par rapport aux nourrissons uniquement exposés aux visages de nourrissons. Ce pattern pourrait être lié à la quantité d'exposition aux différentes catégories d'âges. Les nourrissons ayant des frères et sœurs plus âgés sont exposés à ceux-ci quotidiennement depuis leur naissance alors que l'expérience des visages de nourrissons ne se fait qu'à partir de l'inscription à la crèche. L'asymétrie pourrait aussi être liée à la configuration des visages d'enfants et de nourrissons. La configuration des visages de nourrissons est intrinsèquement plus éloignée des visages d'adultes que les visages d'enfants. Aussi, les visages d'adultes étant probablement la structure de référence pour les nourrissons du fait de leur expérience massive avec cette catégorie, les visages de nourrissons seront toujours plus atypiques que les visages d'enfants, indépendamment de l'expérience avec ces catégories d'âges.

6.2 Etude 5. Les jumeaux, un cas particulier ?

D'une certaine manière l'expérience des visages de nourrissons à la crèche n'est pas tout à fait équivalente à l'exposition à des visages des frères et sœurs. Qualitativement d'abord, l'expérience des nourrissons avec les frères et sœurs est potentiellement plus interactive, dans le sens où ces derniers vont venir activement solliciter les nourrissons, comme le font les adultes. Ce type d'interaction a son importance dans le sens où la vision limitée des nourrissons dans les six premiers mois (Courage & Adams, 1990) implique qu'ils ne verront clairement que les individus qui s'approchent suffisamment d'eux. Les nourrissons à la crèche ne fourniront probablement pas une expérience similaire. De plus, même au niveau quantitatif, les nourrissons voient leurs frères et sœurs depuis leur naissance, alors qu'ils ne sont exposés aux visages de nourrissons qu'à partir du moment où ils vont à la crèche. Or, au plus tôt, les nourrissons ne commencent la crèche qu'autour de 3 mois, et parfois bien plus tard. Aussi, les nourrissons de 3 mois de l'étude 4 avaient au maximum une expérience des visages de nourrissons de quelques semaines. De même, les nourrissons des autres groupes d'âges (i.e., 6, 9 et 12 mois) présentaient des degrés variés d'exposition aux visages de nourrissons selon leur date d'entrée à la crèche. Les nourrissons ayant un jumeau en revanche sont exposés dès leur naissance à des visages de nourrissons, et ce dans le même contexte (i.e., à la maison) où les nourrissons ayant des frères et sœurs plus âgés sont exposés aux visages d'enfants.

Objectif : Evaluer les préférences pour les visages d'enfants et de nourrissons pour une population de nourrissons ayant un jumeau, donc exposés depuis leur naissance aux visages de nourrissons.

6.2.1 Méthode

6.2.1.1 Participants

L'échantillon était composé de 57 nourrissons ayant tous un jumeau, dont 9 nourrissons de 3 mois (5 filles, $M = 121,67$ jours, $ET = 10,43$ jours), 14 nourrissons de 6 mois (5 filles, $M = 195,5$ jours, $ET = 10,96$ jours), 14 nourrissons de 9 mois (7 filles, $M = 282,79$ jours, $ET = 5,86$ jours), et 20 nourrissons de 12 mois (10 filles, $M = 379,5$ jours, $ET = 8,55$ jours). Vingt-trois nourrissons supplémentaires ont été exclus de l'analyse, du fait de biais de côté (i.e., Temps de regard d'un côté $\geq 95\%$ du temps total de présentation, $n = 13$ pour les nourrissons de 3 mois, $n = 2$ pour les nourrissons de 6 mois, $n = 1$ pour les nourrissons de 9

mois, $n = 4$ pour les nourrissons de 12 mois,) ou parce que le temps de regard total par essai était insuffisant (i.e., temps de regard additionné pour les deux visages $< 50\%$ du temps de présentation, $n = 3$ pour les nourrissons de 12 mois). Parmi les nourrissons inclus dans l'échantillon final, 16 avaient aussi un ou des frères et sœurs plus âgés en plus de leur jumeau, les 41 nourrissons restant n'avaient qu'un jumeau.

6.2.1.2 Matériel et procédure

Les stimuli et la procédure étaient identiques à l'étude 4.

6.2.2 Résultats et discussion

Les temps de regard ont été convertis en pourcentages afin d'indiquer le pourcentage de temps où les nourrissons ont regardé les visages de nourrissons en proportion du temps total. Nous avons réalisé une ANOVA sur ces proportions de temps de regard, incluant l'âge des nourrissons en tant que variable continue, et la présence de frère et sœur plus âgés (oui ou non) comme facteur catégoriel. L'analyse a révélé un effet de l'âge $F(1,53) = 5,57$, $p = .022$, $\eta^2 = .09$ indiquant une augmentation du temps de regard vers les visages de nourrissons avec l'âge (voir Figure 6.4).

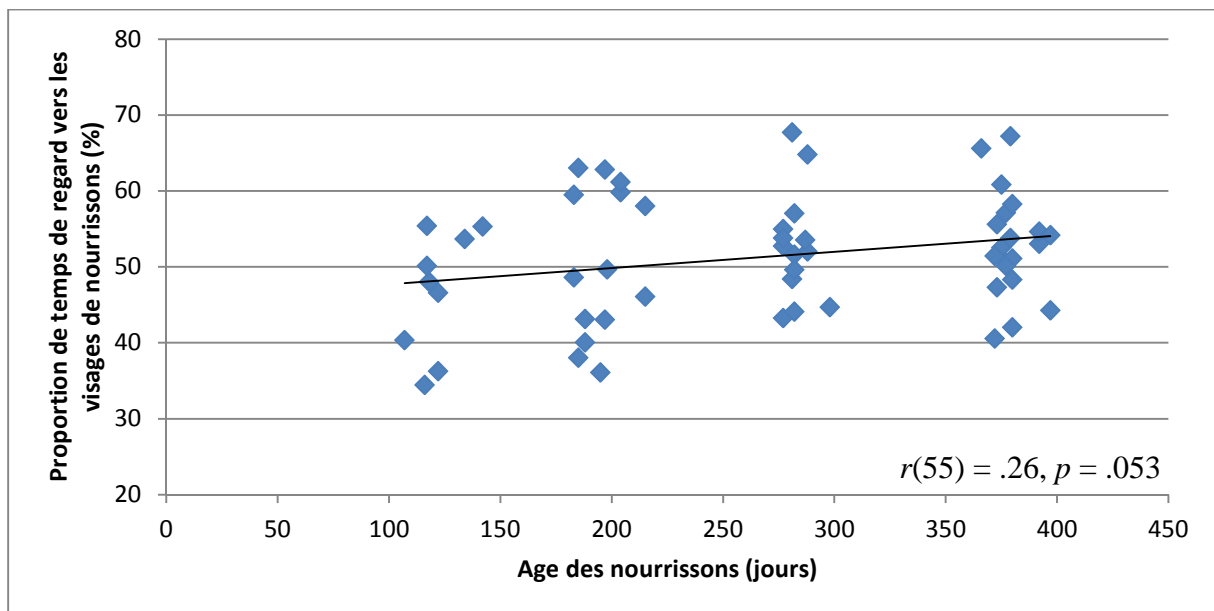


Figure 6.4: Proportion de temps de regard (%) vers les visages de nourrissons en fonction de l'âge des nourrissons (jours), et coefficient de corrélation entre l'âge des nourrissons et les préférences pour les visages de nourrissons.

Aucun autre effet n'était significatif (présence de frères et sœurs, $F < 1$, interaction Age*Présence de frères et sœurs, $F[1,53] = 1,53$, $p = .22$), quoique la corrélation entre l'âge des nourrissons et la préférence pour les visages de nourrissons soit plus marquée dans le groupe ayant des frères et sœurs plus âgés (voir Figure 6.5). Le faible nombre de nourrissons de 3 et 6 mois ayant également des frères et sœurs plus âgés est cependant une source de biais, on pourrait suspecter qu'avec plus de participants dans ces groupes d'âges les valeurs rejoignent celle des nourrissons ayant seulement un jumeau.

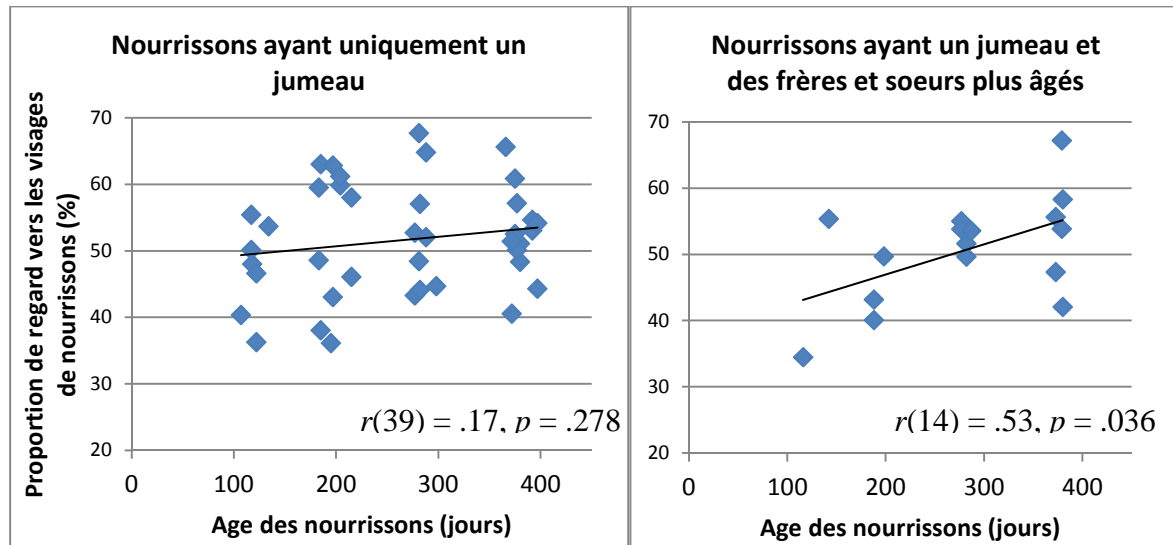


Figure 6.5: Proportion de temps de regard vers les visages de nourrissons (%) en fonction de l'âge des nourrissons (jours) et de la présence (droite) ou non (gauche) de frères et sœurs plus âgés, chez une population de nourrissons ayant un jumeau.

Ces résultats suggèrent également que l'asymétrie des résultats de l'étude 4 n'est probablement pas due à une différence de quantité d'expérience entre les nourrissons exposés aux visages de nourrissons et ceux exposés aux visages d'enfants. L'étude 4 suggère que les préférences des nourrissons sont dirigées vers la catégorie nouvelle, et cette tendance est nettement plus prononcée pour les nourrissons exposés aux visages d'enfants. Or dans la présente étude, malgré la présence d'un jumeau depuis la naissance, les nourrissons n'ont pas montré de fort biais pour les visages d'enfants, de façon similaire au comportement des nourrissons allant à crèche (voir Figure 6.6). Ainsi, la présence quotidienne d'un autre nourrisson ne change pas de manière notable le comportement d'orientation des nourrissons alors que l'on aurait pu s'attendre à avoir une influence similaire à celle du visage des parents.

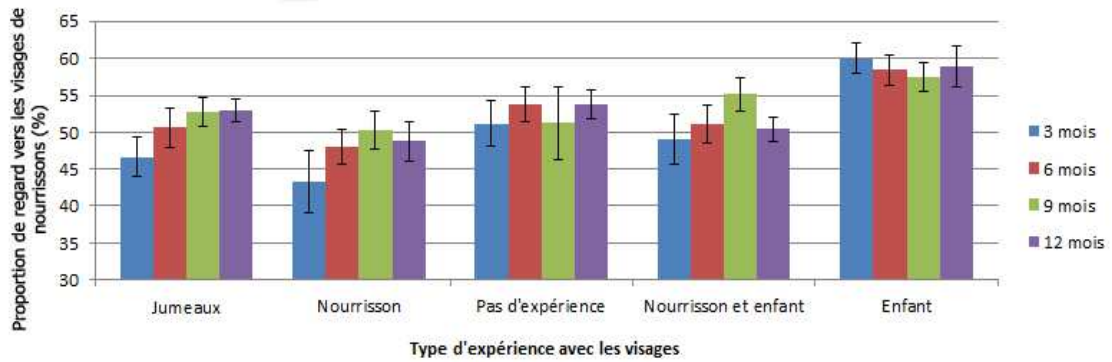


Figure 6.6: Graphique récapitulatif des résultats des études 4 et 5, représentant les proportions de temps de regard vers les visages de nourrissons en fonction de l'âge et de l'expérience des nourrissons.

Il ressort des études 4 et 5 que les visages d'enfants ou de nourrissons ne provoquent pas de préférences de familiarité telles que reportées pour les visages d'adultes dans les études 1 et 2, mais plutôt des biais dirigés vers les visages les plus atypiques relativement à l'expérience individuelle des nourrissons. Le fait que ces préférences soient modulées par l'expérience des nourrissons suggèrent qu'elles puissent être malgré tout liées à la structure du *face-space* des nourrissons, quoiqu'elles soient dans une direction inattendue. En effet, dès lors que n'est pas impliquée une catégorie hautement familière (e.g., visages d'adultes), il semble que les préférences des nourrissons soient plutôt dirigées par la relative nouveauté des visages présentés.

6.3 Etude 6. Développement de la formation des catégories d'âge chez le nourrisson de 9 et 12 mois

Dans un *face-space* composé de visages de différentes catégories, il est possible d'observer une distribution multimodale, avec non pas une mais plusieurs tendances centrales, représentant la moyenne de chaque catégorie (Baudouin & Gallay, 2006). Dans le cas de visages masculins et féminins par exemple, il a été suggéré que les visages se distribuent autour de leur tendance centrale respective, en deux populations séparées (Baudouin & Brochard, 2011; Baudouin & Gallay, 2006). Dans le cas de l'âge, on pourrait aussi voir apparaître plusieurs prototypes, ce que suggèrent d'ailleurs les travaux de Little, DeBruine, Jones et Waitt (2008) montrant que chez l'adulte, des effets d'adaptation appliqués sur des visages d'une catégorie d'âge (i.e., visages de nourrissons) ne se transfèrent pas à des visages d'une autre catégorie d'âge (i.e., visages d'adultes). Néanmoins pour obtenir deux distributions, il faut d'une part que suffisamment de visages des deux catégories soient présents dans le *face-space*, et d'autre part que l'individu soit capable de les catégoriser de façon systématique. L'expérience perceptive aura ici une grande influence : les visages issus d'une population de visages peu fréquemment rencontrés seront distribués dans le *face-space* de façon moins optimale que des visages de catégories familières. Les simulations de Caldara et Abdi (2006) illustraient bien le phénomène (voir Chapitre 3, section 3.1.2), les voisins proches de chaque visage dans le *face-space* étaient moins similaires dans le cas de visages de type non familier que de type familier. Les visages de type non familier étaient moins bien « rangés » en fonction de leur similarité perceptive, et des visages masculins côtoyaient des visages féminins. En revanche, les visages de type familier avaient tendance à être spontanément organisés en fonction du genre.

Les nourrissons ont un *face-space* essentiellement peuplé de visages d'adultes, où les visages d'enfants et de nourrissons sont rares. On sait de plus qu'à 9 mois, les nourrissons présentent une forme de spécialisation pour les visages d'adultes par rapport aux visages de nourrissons (Macchi Cassia, Bulf, et al., 2014). Les visages d'enfants et de nourrissons pourraient ne pas être organisés en populations spécifiques de leur catégorie d'âge, mais être inclus dans la distribution générale des visages d'adultes. Un visage d'enfant ou de nourrisson serait dès lors une sorte de visage d'adulte plus ou moins atypique. Avec l'expérience, ces visages seraient progressivement organisés dans une population spécifique, séparée des visages d'adultes. L'étude des capacités de catégorisation en fonction de l'expérience des

nourrissons pour ces catégories d'âges peut permettre de fournir des indices sur la manière dont ces catégories sont structurées dans le face-space.

Objectif : Le but de cette étude est de tester les capacités de formation de catégories des nourrissons de 9 et 12 mois pour des visages de différentes catégories d'âges (i.e., adultes, enfants et nourrissons). Les nourrissons inclus dans cette étude avaient tous une expérience de la crèche, et nous avons corrélié le temps d'exposition aux visages de nourrissons aux scores de réaction à la nouveauté afin de déterminer si cette exposition avait une influence sur la formation de catégories d'âge.

Article soumis dans *British Journal of Developmental Psychology*.

Development of category formation for faces differing by age in 9- to 12-month-olds: an effect of experience with infant Faces

Damon, Fabrice.^{1,2}, Quinn, Paul. C.³, Heron-Delaney, Michelle.⁴, Lee, Kang.⁵, & Pascalis, Olivier.^{1,2}

¹Univ. Grenoble Alpes, LPNC, Grenoble, France

²LPNC, CNRS, Grenoble, France

³Department of Psychological and Brain Sciences, University of Delaware, USA

⁴School of Psychology, Australian Catholic University, Australia

⁵Institute of Child Study, University of Toronto, Canada

Abstract

This study examined category formation for faces differing in age in 9- and 12-month-olds, and the influence of exposure to infant faces on such ability. In Experiment 1, infants were familiarized with adult or infant faces, and then tested with a novel exemplar from the familiarized category paired with a novel exemplar from a novel category. Both age groups formed discrete categories of adult and infant faces, and exposure to infant faces did not modulate performance. In Experiment 2, the task was repeated, but with child versus infant faces. Whereas 9-month-olds preferred infant faces after familiarization with child faces, but not child faces after familiarization with infant faces, 12-month-olds formed discrete categories of child and infant faces. Moreover, a greater amount of exposure to infant faces correlated with higher novel category preference scores when infants were familiarized with infant faces in 12-month-olds, but not 9-month-olds. Experiment 3 showed that the asymmetry at 9 months was not due to spontaneous preference for infant faces. Together the findings indicate that 9- and 12-month-olds can form categories for faces according to age, but that 12-month-olds may have a more refined representation of face age that is influenced by prior experience with infant faces.

Keywords: age categorization, infant cognition, face perception

6.3.1 Introduction

Parsing the world into structured categories is a fundamental cognitive ability that has an early onset in human infants, with even newborns displaying primitive categorization abilities (Quinn, Slater, Brown, & Hayes, 2001; Turati, Simion, & Zanon, 2003). Numerous studies have reported evidence of infant categorization for various object classes, inclusive of geometric forms, objects, and animals (reviewed in Quinn, 2011). One issue that has arisen in interpreting such studies is whether infant category representations are formed on-line during the course of an experimental study or whether the experiments are tapping into representations that existed prior to arrival at the laboratory and were formed either through evolutionary processes or based on real-life experience.

Faces represent a class of frequently encountered stimuli that may be especially likely to be influenced by prior experience. For example, Quinn et al. (2002) investigated gender representation in 3- to 4-month-olds and reported an asymmetry in categorization. While infants familiarized with male faces looked longer at a novel female face compared to a novel male face, they did not look longer to a novel male face compared to a novel female face when familiarized with female faces. Such behavior was subsequently linked to a spontaneous preference for female faces (Quinn et al., 2002, 2008), which in turn stemmed from an advantage in exposure to female faces compared to male faces (Rennels & Davis, 2008; Sugden et al., 2014).

Infants likewise rely on their experience with own-race faces to categorize faces based on race (Anzures et al., 2010), and present an asymmetry in performance at 6 months: While infants familiarized with other-race faces looked longer at a novel own-race face compared to a novel other-race face, they did not look longer to a novel other-race face compared to a novel own-race face when familiarized with own-race faces (Anzures et al., 2010). The asymmetry presumably reflects own-race face preference (Kelly et al., 2005; Kelly, Quinn, et al., 2007). However, such asymmetries in category formation seem to decline with age, both for gender (i.e., 10-month-olds, Younger & Fearing, 1999) and race (i.e., 9-month-olds, Anzures et al., 2010), a development that coincides with a downturn in the female face preference (Liu, Xiao, Quinn, et al., 2015) and the own-race face preference (Liu, Xiao, Xiao, et al., 2015). For race, developmental change in category formation is linked with more exposure to own-race faces (Rennels & Davis, 2008). For example, 9-month-old category formation for own-race faces constitutes categorization in that it is coupled with

discrimination of those faces, whereas 9-month-old category formation for other-race faces is more like categorical perception and comes with decreased discrimination of other-race faces (Anzures et al., 2010; Kelly et al., 2009; Kelly, Quinn, et al., 2007).

However, it is entirely unknown whether infants also rely on experience to form categories of faces based on age. Studying development of category formation of faces based on age presents a unique opportunity to test several theoretically important contrasting hypotheses. A biological predisposition hypothesis suggests that infants could bring to the category formation task an already formed representation of an infant face. Unlike gender and race, humans have been theorized to be biologically predisposed to mentally represent infant faces due to a baby schema (Lorenz, 1943). In accord with this suggestion, adults have been shown to (1) prefer infant faces over adult faces (Luo et al., 2011), (2) respond to infantile cues (Golke, Lisibach, Mast, & Lobmaier, 2013; Little, 2012; Sprengelmeyer et al., 2009), and (3) attend more to infant than adult faces (Brosch et al., 2007; Proverbio et al., 2011). Evidence consistent with a baby schema has also been shown in children (Sanefuji et al., 2007) and infants (Geldart, Maurer, & Carney, 1999; McCall & Kennedy, 1980).

However, juxtaposed to the possible innate representation for infant faces are findings that infants experience adult faces more frequently than other age groups (Rennels & Davis, 2008; Sugden et al., 2014). This differential exposure results in poor discrimination abilities for infant faces compared to adult faces in 9-month-olds (Macchi Cassia, Bulf, et al., 2014), similar to the narrowing pattern reported for race and species (Anzures et al., 2010; Kelly et al., 2009; Kelly, Quinn, et al., 2007; Pascalis et al., 2002). By 9 months, adult faces are processed more efficiently than infant faces, suggesting that infants might have developed a more structured representation of adult faces compared to other-age faces due to experience.

By investigating how infants form face age categories, we can examine these contrasting hypotheses. In Experiment 1, we familiarized 9- and 12-month-olds with infant or adult faces, and then tested with a novel infant face versus a novel adult face. In Experiment 2, the same category formation task was conducted with the same age groups, but with the presumably more difficult contrast between infant and child faces. The age groups were chosen to assess infants after the developmental narrowing window. If the biological predisposition hypothesis is correct, both age groups should benefit from the baby schema by readily forming a category for infant faces that excludes both adult and child faces in Experiments 1 and 2. In contrast, if experience with adult faces enhances infant category

formation of adult versus infant faces, then we would expect both age groups to readily form a category for adult faces that excludes infant faces in Experiment 2.

For both experiments, we included infant participants regularly attending daycare. Such participants allow us to examine whether experience with infant faces that accrues in daycare affects how infants categorize faces by age. Although infants have less perceptual experience with infant than adult faces, because of experience with infant faces in daycare, infants may begin to develop a representation for the category of infant faces. Therefore, if there are individual differences in infant category formation for face age based on differential experience with infant faces, we reasoned that an increase in exposure to infant faces should result in higher novel category preference scores in Experiments 1 and 2, particularly in the tasks in which infant faces are the familiarized category. It is also possible that if such experience needs to reach some threshold amount in order to impact infant categorization performance (Liu, Xiao, Quinn, et al., 2015), then it might be more likely to be manifest in 12-month-olds relative to 9-month-olds.

Experiment 1

6.3.2 Method

6.3.2.1 Participants.

Thirty 9-month-olds ($M = 286.43$ days, $SD = 4.48$ days, 17 females) and 30 12-month-olds ($M = 375.13$ days, $SD = 6.70$ days, 15 females) participated. Fourteen additional 9-month-olds and 9 12-month-olds were excluded due to side bias on at least one test trial (looking at one side of the display for 95% or more of the total looking time, $n = 12$ for 9-month-olds, $n = 7$ for 12-month-olds), fussiness ($n = 2$ for 12-month-olds), or procedural error ($n = 2$ for 9-month-olds). All participants were exposed to infant faces through daycare beginning as early as 3 months. Parents were asked when their infant started attending daycare and the number of days in the week they spent there. We calculated the number of days of exposure that the infant participants had with infant faces between their first day at daycare and the day of testing. Nine- and 12-month-olds were exposed to infant faces for an average of 54.57 days (range: 2-132 days) and 100.18 days (range: 8-205 days), respectively.

6.3.2.2 Stimuli and procedure.

Stimuli were grayscale images of 28 adult (14 females) and 28 infant faces (14 females), matched for average luminance, contrast, and size. Each image was 22 cm high and 16 cm wide. Adult faces were neutral faces from the NimStim database (Tottenham et al., 2009) and our own database; infant faces were neutral faces from our own database. Pictures were cropped so that hairstyles were fairly uniform across the stimuli. Images were presented on a gray background. Infants were tested in a quiet room and seated on their parent's lap approximately 60 cm away from a 52 x 32.5 cm monitor onto which the images were projected. The stimuli subtended 35° x 26° degrees of visual angle. Parents were instructed to fixate centrally above the screen and remain quiet during testing. From the 56 faces, 8 adult and 8 infant faces were paired for the test phase, matched on gender (four female pairs). Face gender (male or female) was counterbalanced between participants, so each infant only saw either male or female faces during the entire experiment (familiarization and test phase). Since the faces presented at test were one novel face from the familiarized age category and one novel face from the novel age category, each adult/infant test pair was preceded by the presentation of 8 of the 13 remaining adult or infant faces during familiarization. The eight stimuli were randomly selected separately for each infant and presented at the rate of two per trial (side-by-side) for four 10 s trials. The face category presented during familiarization (adult or infant) was counterbalanced between participants. Immediately after familiarization, two 5 s test trials were presented. On the first test trial, when the infant first looked at the images, the experimenter started a 5 s countdown. At the end of the 5 s, the images disappeared from the screen. The same faces were presented on the second test trial with their left/right position on the screen reversed. On the second test trial, another 5 s countdown was initiated when the infant looked at the images. Left/right positioning of the adult/infant faces on the first test trial was counterbalanced across infants (see Figure 6.7). Infant fixations to the stimuli were recorded by an observer who was blind to the screen positions of the faces. To ensure reliability, 20% of the videos ($n = 12$) were coded by another observer; average level of inter-observer agreement was high (Pearson $r = .98$).

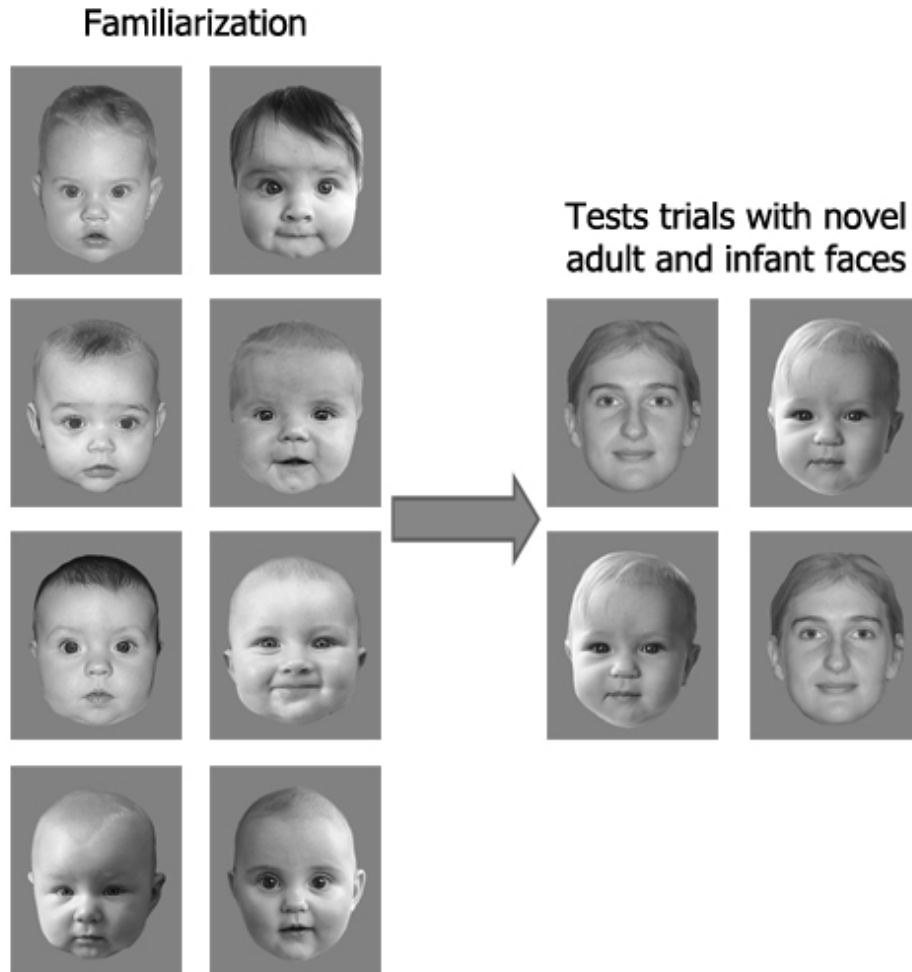


Figure 6.7: Examples of the stimuli used in Study 1, condition: Infant to Adult (left: habituation trials; right: test trials).

6.3.3 Results and Discussion

6.3.3.1 Familiarization phase.

Since two faces were displayed per trial, looking time to both was summed on each trial, and then averaged on Trials 1 and 2, and on Trials 3 and 4. A mixed ANOVA with Familiarization trials (1-2 vs. 3-4) as a within-subject factor, Age category (Adult or Infant), and Participant age (9- or 12-month-old) as between-subject factors, and Exposure to infant faces (days) as a continuous variable, performed on the individual scores revealed a significant Familiarization trials effect, $F(1, 52) = 17.39, p < .001, \eta^2 = .25$ (see Table 1), with looking time declining between Trials 1-2 and Trials 3-4. The reliable decrement indicated that 9- and 12-month-olds habituated to the infant and adult faces. There was a main effect of Participant age, $F(1,52) = 4.62, p = .036, \eta^2 = .08$, and a significant Familiarization trials x

Participant age interaction, $F(1,52) = 4.43$, $p = .040$, $\eta^2 = .08$, indicating that the decrement in looking time from Trials 1-2 to Trials 3-4 was greater for 12-month-olds than for 9-month-olds. There was no significant effect of Age category ($F[1,52] = 2.68$, $p = .108$) nor any interactions with Age category (all p values $> .22$).

6.3.3.2 Test phase.

To assess category formation, we computed a novel category preference score for each participant by dividing looking time toward the novel category by total looking duration toward both the novel and familiarized categories across both test trials, and converted this value to a percentage. One sample t -tests were conducted to compare the mean novel category preferences to chance level (50%). Results showed that 9- and 12-month-olds looked significantly longer to the novel category faces when familiarized with either adult or infant faces (see Table 3). Nine- and 12-month-olds formed a category representation for adult faces that included novel adult faces, but excluded novel infant faces, and a category representation for infant faces that included novel infant faces, but excluded novel adult faces.

Table 3. Mean fixation times (seconds) during the familiarization trials and mean novel category preference scores (percentages) during the preference test trials of Experiment 1 for 9- and 12-month-old infants.

N	Age	Familiarization Category	Fixation time		Novel category preference			
			Trials 1-2 <i>M (SD)</i>	Trials 3-4 <i>M (SD)</i>	<i>M (SD)</i>	<i>t</i> ^a	<i>p</i>	<i>d</i>
14	9	Adult	8.44 (1.16)	8.03 (1.26)	59.59 (9.24)	3.88	.002	1.04
16	9	Infant	9.08 (0.77)	8.37 (1.08)	56.26 (9.24)	2.71	.016	0.68
15	12	Adult	8.65 (1.05)	7.62 (1.35)	58.63 (9.78)	3.42	.004	0.88
15	12	Infant	8.76 (0.83)	7.40 (1.36)	60.34 (11.27)	3.56	.003	0.92

^a t vs.chance.

To investigate the influence of exposure to infant faces on age categorization, we conducted an ANOVA with Age category (infant vs. adult), Participant age (9-, or 12-month-old), and Exposure to infant faces (days) as a continuous variable, on the novel category preference scores. Results showed no significant main effect of age ($F[1,52] = 1.83$, $p = .182$), or age category ($F[1,52] = 1.16$, $p = .287$). The effect of exposure to infant faces on the novel category preference scores was also not significant ($F[1,52] = 1.50$, $p = .227$). The interactions were additionally not significant (all p values $> .26$). These results suggest that increase in exposure to infant faces did not affect performance (see Figure 6.8).

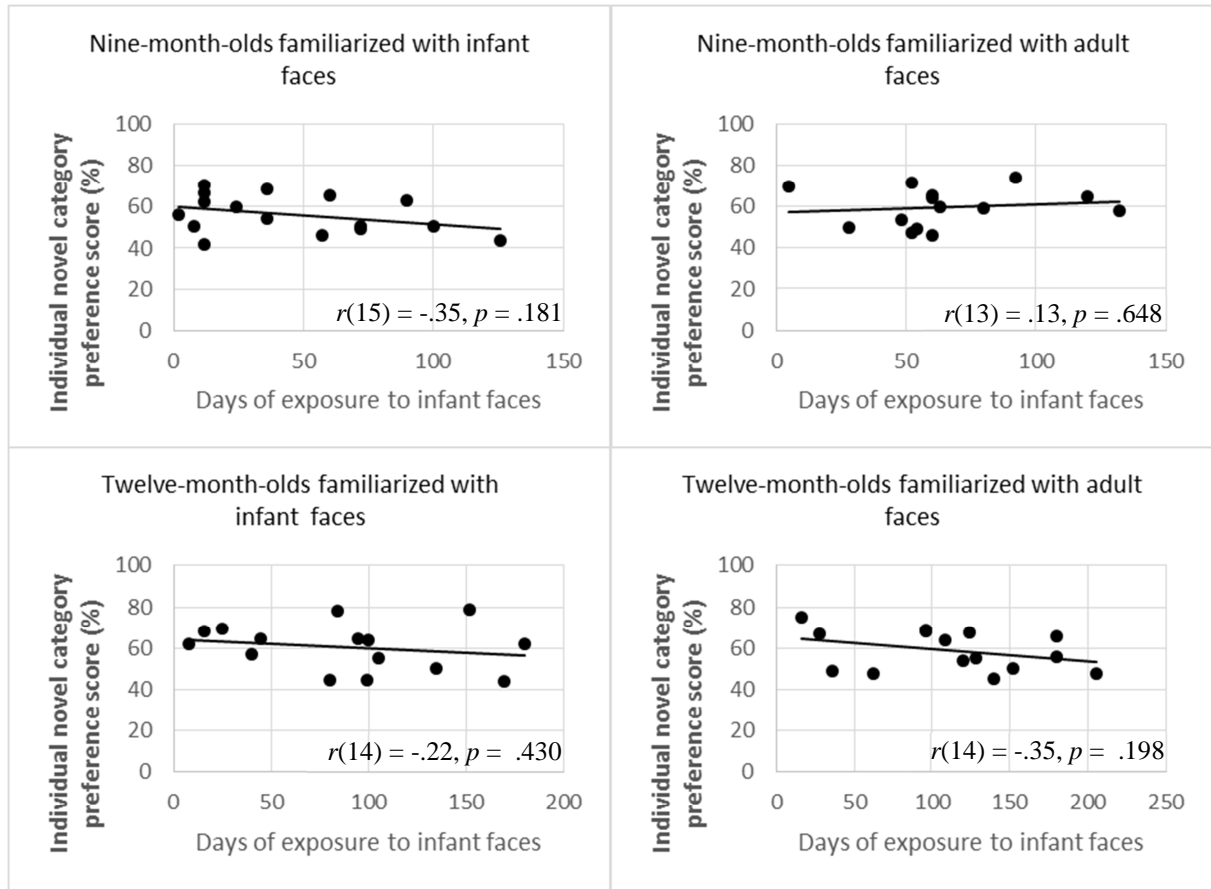


Figure 6.8: Nine- and 12-month-old correlations between individual novel category preference scores and the number of days of exposure to infant faces for the infant and adult face familiarization conditions.

The findings from Experiment 1 indicated that both age groups categorized adult and infant faces. There was thus no evidence for exclusive support of the baby schema hypothesis, which would have suggested that infants would display an advantage in representing infant faces. There was also no evidence for exclusive support of the adult experiential hypothesis, which would have suggested that the infants would have displayed an advantage in representing adult faces. Finally, given the null effect of experience with infant faces, there was no evidence to support an individual differences account based on experience with infant faces. The overall pattern of results might suggest that infants are simply using on-line category learning processes (e.g., Mareschal & French, 2000). However, in addition to on-line learning processes, it could also be the case that *both* a baby schema and adult face experience are operative, with the baby schema bolstering category formation for infant faces and the adult face experience enhancing category formation for adult faces.

In Experiment 2, we further probed the abilities of 9- and 12-month-olds to categorize faces based on age, and investigated category formation for infant versus child faces. Because infant and child faces are morphologically more similar than infant and adult faces, perceptual experience with infant faces might be particularly crucial to perform the presumably more difficult categorization of infant versus child faces. Moreover, unlike adult and infant faces, child faces are unfamiliar to infants (Rennels & Davis, 2008). Therefore, infants would not be able to call on a pre-existing child face representation, unless they have one or more older siblings. Evidence for a pre-existing representation for child faces would be manifest if infants with siblings more readily formed a category representation for child faces that excludes infant faces than infants without siblings.

Experiment 2

6.3.4 Method

6.3.4.1 Participants.

Thirty-one 9-month-olds ($M = 285.81$ days, $SD = 5.99$ days, 18 females) and 31 12-month-olds ($M = 375.93$ days, $SD = 5.01$ days, 13 females) participated. Seventeen additional 9-month-olds and 14 12-month-olds were excluded due to side bias ($n = 15$ for 9-month-olds, $n = 12$ for 12-month-olds) or fussiness ($n = 2$ for 12-month-olds). As in Experiment 1, all infants had been exposed to infant faces through daycare. Nine- and 12-month-olds were exposed to infant faces for an average of 68.98 days (range: 12-182 days), and 96.72 days (range: 6-187.5 days), respectively. Exposure to child faces, through older siblings, could not be quantified by days of exposure, and was thus reported only as a categorical variable. Thirteen 9-month-olds and 10 12-month-olds had at least one older sibling (Mean age = 5.84 years, age range = 4-10 years).

6.3.4.2 Stimuli and procedure.

Stimuli were grayscale images of 28 child (14 females) and 28 infant faces (14 females), matched for average luminance, contrast, and size. Infant faces were those presented in Experiment 1. All aspects of the procedure were identical to Experiment 1, except for the child stimuli. A second observer coded 20% of the videos; average level of inter-observer agreement was high (Pearson $r = .97$).

6.3.5 Results and Discussion

6.3.5.1 Familiarization phase.

Looking time was averaged for Trials 1 and 2, and for Trials 3 and 4. A mixed ANOVA with Familiarization trials (1-2 vs. 3-4) as a within-subject factor, Age category (Child or Infant), and Participant age (9- or 12-month-old) as between-subject factors, and Exposure to infant faces (days) as a continuous variable, was performed on the individual scores, and yielded only a significant effect of Familiarization trials, $F(1,54) = 9.47, p = .003, \eta^2 = .15$. No other main effects (Exposure to infant faces, $F[1,54] = 1.09, p = .301$, Age category, Participant age, both $F_s < 1$), nor interactions (Participant age x Age category, $F[1,54] = 3.21, p = .079$, Participant age x Age category x Exposure to infant faces, $F[1,54] = 2.54, p = .117$, all other $F_s < 1$), were significant. The decrement in looking time from the first half to the second half of familiarization indicated that the 9- and 12-month-olds habituated to the infant and child faces.

6.3.5.2 Test phase.

We computed a novel category preference score for each participant as in Experiment 1. To examine whether the mean novel category preferences of the infants differed reliably from chance, we conducted one sample t -tests within each age group for each age category. Twelve-month-olds looked longer at the novel faces when familiarized with either child or infant faces (see Table 4). Twelve-month-olds thus formed a category for child faces that included novel child faces, but excluded novel infant faces, and a category for infant faces that included novel infant faces, but excluded novel child faces. Nine-month-olds, however, presented an asymmetry, looking longer at the novel category face when familiarized with child faces, but not when familiarized with infant faces (see Table 4). The 9-month-olds thus formed a category for child faces that included novel child faces, and excluded novel infant faces, but when familiarized with infant faces, they either did not form a category or they formed a category that included novel child faces. To investigate the influence of exposure to infant faces on category formation for child versus infant faces, we conducted an ANOVA with Age category (Child or Infant), Participant age (9- or 12-month-old), and Exposure to infant faces (days) as a continuous variable on the mean novel category preference scores. There was no effect of Age category, $F(1,54) = 2.62, p = .111$, or Participant age, $F(1,54) < 1$. However, the analysis did reveal a significant positive relationship between Exposure to infant faces and mean novel category preference scores, $F(1, 54) = 10.12, p = .002, \eta^2 = .16$,

showing that novel category preference scores increased as infants received more exposure to infant faces.

Table 4. Mean fixation times (seconds) during the familiarization trials and mean novel category preference scores (percentages) during the preference test trials of Experiment 2 for 9- and 12-month-old infants.

<i>N</i>	Age	Familiarization Category	Fixation time		Novel category preference			
			Trials 1-2 <i>M (SD)</i>	Trials 3-4 <i>M (SD)</i>	<i>M (SD)</i>	<i>t^a</i>	<i>p</i>	<i>d</i>
15	9	Child	8.55 (0.64)	8.33 (1.22)	58.73 (11.02)	3.07	.008	0.79
16	9	Infant	9.00 (0.67)	8.34 (1.18)	52.46 (7.34)	1.34	.200	0.33
15	12	Child	8.79 (0.85)	8.33 (1.05)	60.11 (13.06)	3.00	.010	0.77
16	12	Infant	8.50 (0.76)	8.00 (0.86)	56.49 (11.24)	2.31	.036	0.58

^a*t* vs.chance.

There were no significant interactions (all *p* values > .21). Despite the null interaction between Age category, Participant age, and Exposure to infant faces, further inspection of the data revealed that the effect of exposure to infant faces on the novelty preference score was significant only for the 12-month-olds familiarized with infant faces; no other correlations reached significance (see Figure 6.9).

Some infants also had exposure to child faces through an older sibling (*n* = 23). Unfortunately, there were not enough infants exposed to child faces to conduct a complete analysis (i.e., including Age category, Participant age, Sibling presence, and Exposure to infant face) because the smaller cells contained only 5 infants. However, an ANOVA with Sibling presence (yes or no), Age category (Child or Infant), and Exposure to infant faces (days) as a continuous variable, performed on the mean novel category preference scores revealed no effect of Sibling presence, $F(1,54) < 1$, no effect of Age category, $F(1,54) = 1.61$, $p = .209$, and no Sibling presence x Exposure to infant face interaction $F(1,54) = 1.73$, $p = .194$, all other F s < 1. The effect of Exposure to infant faces was still significant, $F(1,54) = 9.87$, $p = .003$, $\eta^2 = .15$. In addition, in the condition in which infants were familiarized with child faces, infants with siblings did not perform differently than infants not exposed to child faces (infant with siblings, $M = 57.51\%$, $SD = 13.78$, infant without siblings, $M = 60.53\%$, $SD = 10.90$, $t[28] = -0.66$, $p = .517$, two-tailed).

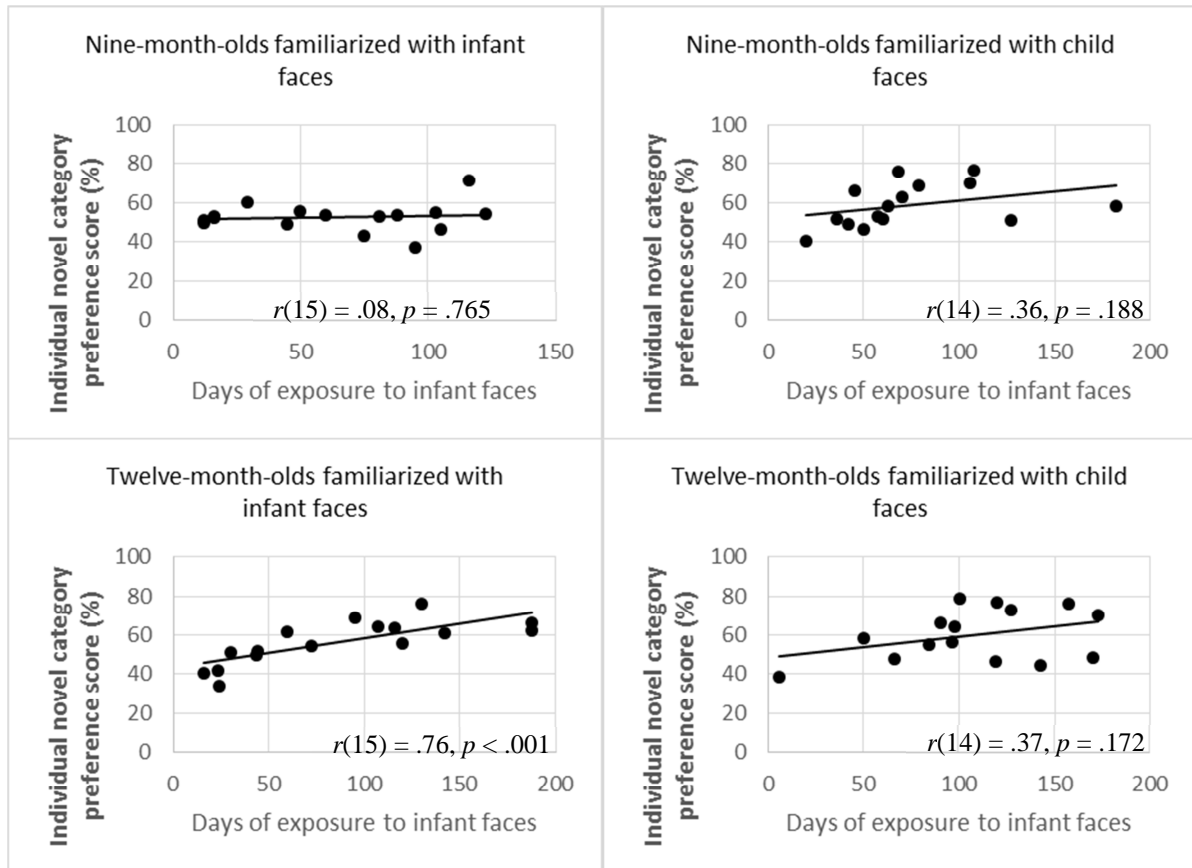


Figure 6.9: Nine- and 12-month-old correlations between individual novel category preference scores and the number of days of exposure to infant faces for the infant and child face familiarization conditions.

As was the case in Experiment 1, Experiment 2 did not provide support for the baby schema hypothesis in that neither age group of infants displayed an advantage in representing infant faces. However, Experiment 2 did provide support for an individual differences account based on differential experience with infant faces given that at least at 12 months of age, individual novel category preference scores were associated with greater experience with infant faces when familiarization was with infant faces. As noted, Experiment 2 also revealed an asymmetry in performance in the 9-month-olds, and in Experiment 3, we explored a possible basis for that.

Experiment 3

Experiment 2 revealed that 12-month-olds formed discrete categories of child and infant faces. By contrast, 9-month-olds formed a category representation of child faces that excluded novel infant faces, but a category representation of infant faces that included novel child faces. Asymmetries in category formation could reflect spontaneous preference for one of the categories presented (Anzures et al., 2010; Quinn et al., 2002; Ramsey et al., 2005). In the present case, a possible spontaneous preference for infant faces would have facilitated a novel category preference for infant faces after familiarization with child faces and would have interfered with a novel category preference for child faces after familiarization with infant faces. Thus, Experiment 3 was conducted to assess whether a spontaneous preference for infant faces could explain the asymmetry.

6.3.6 Method

6.3.6.1 Participants.

Fourteen 9-month-olds ($M = 281.43$ days, $SD = 8.03$ days, 8 females) participated. Three additional 9-month-olds were excluded due to side bias (looking at one side of the display for 95% or more of the total looking time, i.e., 9.5 s, $n = 1$), fussiness ($n = 1$), or experimental error ($n = 1$). All infants had been exposed to infant faces through daycare.

6.3.6.2 Stimuli and procedure.

Stimuli were the infant and child faces from Experiment 2. Each infant was presented with two pairs of child and infant faces. Each pair was displayed for 10 s. The particular infant and child faces for each pair were selected from among 8 possible pairings. Left-right positioning of stimuli was counterbalanced across infants on the first trial and reversed on successive trials. Each trial depicted different individuals.

6.3.7 Result and Discussion

Mean preference for the infant faces was computed as the sum of looking time at the infant faces on both trials divided by the total looking time. Mean preference was 50.34% ($SD = 9.55\%$), which was not reliably different from chance ($t[13] = 0.13$, $p = .89$, two-tailed). This outcome suggests that the asymmetry reported in Experiment 2 is unlikely to reflect spontaneous preference for infant faces.

6.3.8 General Discussion

The current study investigated whether 9- and 12-month-olds could form category representations of faces differing in age, and how perceptual experience with infant faces affected the formation of these representations. Results from Experiment 1 showed that both age groups formed separate category representations for infant and adult faces. Moreover, there was no correlation between amount of exposure to infant faces and novel category preference. The findings do not support exclusive operation of a baby face schema, which would have suggested that infants would display an advantage in representing infant faces. The findings also do not support a role for adult face experience, working in isolation from other factors, which would have suggested that infants would display an advantage in representing adult faces. Lastly, the null correlation between novel category preference and amount of exposure to infant faces does not support an individual differences account based on differential experience with infant faces. It could be that the infants relied on on-line learning processes to form the categories (Mareschal & French, 2000). In addition, as mentioned previously, it could also be that multiple influences were operating simultaneously, such that infant performance with infant faces was supported by a baby schema and infant performance with adult faces was supported by experience with adult faces.

One further interpretive issue concerning the outcomes of Experiment 1 is whether the category formation process reflected categorization or categorical perception (Quinn & Eimas, 1998). The former refers to formation of discrete groups composed of similar but discriminable individuals, whereas the latter refers to formation of discrete groups of exemplars that are difficult to discriminate. Regarding discrimination, Macchi Cassia et al. (2014) reported that 9-month-olds display a downturn in discrimination of infant faces compared to adult faces. These results imply that infants in the current study engaged in categorization of adult faces and categorical perception of infant faces. However, this suggestion should be considered tentative given that our samples of infants were exposed to infant faces, which might have increased their ability to discriminate infant faces. Similar phenomenon have been reported for race, where exposure to other race-faces was sufficient to prevent or reverse perceptual narrowing in 9-month-olds (Anzures et al., 2012; Heron-Delaney, Anzures, et al., 2011; Spangler et al., 2013). Hence, it is difficult to be definitive

about whether infants engaged in categorization or categorical perception of infant faces without further investigation of infant ability to discriminate infant faces. It should be noted, however, that either process results in the creation of a set of entities that are treated as equivalent.

Experiment 2 examined the abilities of 9- and 12-month-olds to form discrete category representations of child and infant faces, two categories less frequently encountered than adult faces, and a morphologically more similar contrast. As in Experiment 1, Experiment 2 did not provide evidence of an exclusive influence of a baby schema: the infants did not display an advantage in forming a representation for infant faces. Experiment 2 also did not reveal an effect of siblings on novel category preference, nor did it reveal an effect in which infants with siblings in the family responded differentially in the child familiarization condition relative to infants without siblings. However, in contrast to Experiment 1, at least at 12 months, where infants formed discrete categories of infants versus child faces, exposure to infant faces had a significant impact. The more infants were exposed to infant faces, the higher was their novel category preference. Moreover, this relation was significant only in the cell where one would predict it would be significant, namely, the cell in which infants were familiarized with infant faces. That the effect of exposure was present at 12 months, but not at 9 months, is additionally consistent with experience needing to surpass a threshold amount to influence novel category preference (see Liu, Xiao, Quinn, et al., 2015, for related discussion of how experience may need to surpass a threshold amount of experience to influence gender-based preference in infants).

The evidence that greater perceptual experience with infant faces facilitated forming a category for infant faces that excluded child faces at 12 months of age provides support for an individual differences account of infant category formation based on face age. More generally, the findings support the argument that infant category formation processes tap into experiences occurring prior to arrival at the laboratory (Oakes & Madole, 2000; Quinn, 2011). The data highlight a role for differential experience in the emergence of social categories (Anzures et al., 2010; Quinn & Eimas, 1998; Quinn et al., 2002, in press; Ramsey, Langlois, & Marti, 2005; Younger & Fearing, 1999).

Experiment 2 also revealed evidence of developmental change whereby 12-month-olds represented infant and child faces as discrete categories, and 9-month-olds presented a more ambiguous pattern of responding. In particular, the younger infants increased looking to

infant faces relative to child faces when familiarized with child faces, but did not increase looking to child faces relative to infant faces when familiarized with infant faces. Asymmetries in category formation are not uncommon, and sometimes relate to spontaneous preference for one category over the other (Anzures et al., 2010; Quinn et al., 2002; Ramsey et al., 2005). In the present case, a preference for infant over child faces based on differential experience would work in concert with a novel category preference for infant faces after familiarization with child faces, thereby producing a robust novel category preference. Likewise, a preference for infant over child faces would interfere with a novel category preference for child faces after familiarization with infant faces, and produce a null preference. However, as shown in Experiment 3, a spontaneous preference for infant over child faces does not seem to be the likely explanation here.

Other influences of prior knowledge about humans might have impacted the asymmetry in the 9-month-olds in Experiment 2. As noted, results from Experiment 1 are consistent with the idea that 9-month-olds already have a representation for adult faces that is used to respond differentially to infant faces. When confronted with infant versus child faces, infants could also rely on their pre-existing adult category. In particular, when familiarized with infant faces, the structure of the representation of infant faces being formed might be biased toward adult faces, as a morphed face of adult and infant faces. The resulting infant face representation might be slightly shifted toward a child face, weakening the novel category reaction when confronted with a novel child face at test. Similarly, when familiarized with child faces, the representation of child faces being formed might be biased again toward adult faces, which creates a representation slightly shifted toward adult faces. In that case however, the novel infant faces will be *further away* from the child face representation, increasing the novel category preference for the infant face at test. Evidence consistent with such a mechanism can be found in the difference in effect size between the two familiarization conditions for the 12-month-olds (see Table 4). Although the mean novel category preference for this age group was significantly above chance for both conditions, the difference in effect sizes is in the same direction as what was observed for the 9-month-olds, suggesting that the novel category response may have been weaker in infants familiarized with infant faces than in infants familiarized with child faces.

To our knowledge, the current study is the first to investigate infant category formation for faces differing by age. More studies are needed to further investigate the influence of exposure to differently aged faces on how infants respond to different face age

categories. Future studies should also examine category formation for face age in infants younger than 9 months, who are less experienced with faces from different age groups.

6.3.9 Acknowledgements

This research was supported by grant R01 HD-46526 from the National Institute of Child Health and Human Development, and a PhD scholarship from the French Department of Research and Higher Education to FD.

Encart 5: Résumé Etude 6

Cette étude visait à étudier le développement de la formation de catégories pour des visages différant en âge, et à évaluer l'influence de l'exposition à des visages de nourrissons sur cette capacité. Les nourrissons de 9 et 12 mois ont formé des catégories discrètes des visages d'adultes et de nourrissons, sans que l'exposition à cette dernière catégorie ne module les performances (étude 1). Dans le cas du contraste enfant/nourrisson (étude 2), seuls les nourrissons de 12 mois ont formé des catégories discrètes des visages d'enfants et de nourrissons. De plus, pour ce groupe d'âge uniquement, les scores de préférence pour la catégorie nouvelle étaient corrélés positivement avec la quantité d'exposition aux visages de nourrissons, et ce particulièrement dans la condition de familiarisation avec cette catégorie d'âge. Les nourrissons de 9 mois présentaient de leur côté un pattern de catégorisation plus asymétrique. Si ces derniers ont préféré les visages de nourrissons après familiarisation avec des visages d'enfants, ils n'ont en revanche pas montré de préférence pour des visages d'enfants après familiarisation avec des visages de nourrissons. Cette asymétrie n'était par ailleurs pas liée à une préférence spontanée pour les visages de nourrissons (étude 3). Les nourrissons de 9 mois ont donc formé une représentation catégorielle des visages d'enfants qui exclut un nouveau visage de nourrisson, et une représentation catégorielle des visages de nourrissons qui inclut un nouveau visage d'enfant. Cette asymétrie pourrait être liée à la structure du face-space des nourrissons, dans le sens où la surreprésentation des visages d'adultes pourrait conduire les nourrissons à s'appuyer sur cette connaissance même lors du traitement de visages d'autres catégories d'âges. En particulier, lors de la familiarisation avec des visages de nourrissons, la formation de la représentation des visages de nourrissons pourrait se trouver biaisée vers un visage d'adulte, formant un mélange de visage « adulte/nourrisson ». La représentation résultante tendrait ainsi vers un visage d'enfant, affaiblissant la réaction à la nouveauté pour un nouveau visage d'enfant en test. A l'inverse, après familiarisation avec des visages d'enfants, la représentation résultante serait décalée au-delà d'un visage d'enfant, en direction d'un visage d'adulte, facilitant la réaction à la nouveauté pour un nouveau visage de nourrisson. Une asymétrie similaire, quoique plus subtile, se remarque pour les nourrissons de 12 mois. Si ces derniers font bien montre de préférences pour la nouveauté significatives dans chacune des conditions, les tailles d'effet suggèrent que l'effet est plus faible après familiarisation avec des visages de nourrissons—tout comme les nourrissons de 9 mois. Globalement, les résultats indiquent que les nourrissons de 9 et 12 mois peuvent catégoriser les visages sur la base de l'âge, mais que les nourrissons de 12 mois ont une représentation de l'âge plus fine, influencée par l'expérience avec les visages de nourrissons.

Chapitre 7. Investigation des préférences

visuelles pour les visages en fonction de la distance par rapport au prototype, chez le nourrisson humain et macaque

Nous avons vu précédemment que les nourrissons dans les 6 premiers mois de vie présentaient des préférences visuelles pour les visages d'adultes par rapport à des visages de nourrissons (Etudes 1 et 2). Ces préférences pourraient refléter à la fois une forme de fausse reconnaissance des personnes familières, mais également une préférence liée à la plus grande proximité des visages d'adultes avec la tendance centrale du *face-space* des nourrissons. Nous nous concentrerons ici sur le second phénomène. Nous avons pu voir précédemment de quelle manière typicalité et fluence perceptive étaient intriquées dans la construction des préférences (Reber et al., 2004, 1998; Winkielman & Cacioppo, 2001; Winkielman et al., 2006), en particulier pour les visages (Park, Shimojo, & Shimojo, 2010; Trujillo et al., 2014). Les visages proches du prototype vont nécessairement ressembler aux visages dont les nourrissons ont fait l'expérience par le passé et le traitement perceptif d'un nouveau visage typique pourrait bénéficier de cette ressemblance. De plus, les visages plus typiques pourraient être perçus comme familiers, précisément du fait de la relative facilité à les traiter par rapport aux autres visages (Jacoby, Kelley, & Dywan, 1989; Whittlesea, Jacoby, & Girard, 1990; Whittlesea, 1993, 2002). La préférence pour les visages proches du prototype émergerait ainsi comme un sous-produit du traitement de l'information et du fonctionnement de la mémoire (Jacoby et al., 1989; Whittlesea, 1997).

Le fait que l'on retrouve une préférence pour la typicalité pour d'autres classes d'objets que les visages illustre de la généralité du phénomène (Halberstadt & Rhodes, 2000) et laisse penser que l'on puisse observer des effets de fluence similaires chez d'autres primates non-humains. Le but des deux études qui suivent était donc de tester les préférences de nourrissons humains et macaques pour des visages en fonction de leur distance par rapport au prototype.

7.1 Etude 7a. Nourrisson humain

Jusqu'ici, nous avons traité de préférences pour des visages appartenant à différentes catégories, arguant que les visages appartenant à une catégorie intégrant des caractéristiques rappelant la tendance centrale du *face-space* seront préférés. L'expérience des nourrissons avec les visages (Rennels & Davis, 2008; Sugden et al., 2014), ainsi que les préférences visuelles dans les 6 premiers mois (Quinn et al., 2002) suggèrent que le *face-space* des nourrissons est probablement déformé en direction d'un visage d'adulte féminin de type familial. Cette catégorie spécifique est celle pour laquelle les nourrissons sont « expert » à la fin de la première année (Ramsey et al., 2005; Ramsey-Rennels & Langlois, 2006). Si les nourrissons présentent des préférences pour les visages proches du prototype de manière générale, on devrait pouvoir mettre en évidence des différences de temps de regard pour des visages plus ou moins éloignés du prototype non seulement entre catégories (e.g., Etude 1 et 2) mais également à l'intérieur d'une même catégorie. Le facteur limitant est le niveau d'expertise des nourrissons pour la catégorie en question. Nous avons discuté précédemment de quelle manière l'expérience extensive avec une catégorie conduisait à l'augmentation de l'espace de représentation de cette catégorie, et à l'augmentation de la distance des exemplaires entre eux (Rogers & McClelland, 2004). Ce point est tout à fait similaire aux notions de variation de densité des exemplaires de visages au sein du *face-space* en fonction de l'expérience (Caldara & Abdi, 2006; Valentine & Endo, 1992; Valentine, 1991). On peut envisager que chez le nourrisson à la fin de la première année, la catégorie des visages d'adulte féminin de type familial est celle qui bénéficie de l'espace le plus étendu et pour laquelle les capacités de discrimination sont les plus affinées. Ceci en fait donc la catégorie idéale pour rechercher des effets liés à la distance par rapport au prototype chez le nourrisson humain.

7.1.1 Méthode

7.1.1.1 Participants

Vingt-neuf nourrissons de 12 mois (14 filles, $M = 374,80$ jours, $EC = 5,52$ jours) ont participé à l'étude. Deux nourrissons supplémentaires ont été exclus de l'étude du fait d'agitation excessive durant la procédure (e.g., le nourrisson sort du siège ou enlève la cible collée sur son front durant la passation, voir Chapitre 4, section 4.2.3).

7.1.1.2 Matériel et procédure

Les stimuli étaient des photographies en noir et blanc de femmes adultes ($n = 32$), découpées et placées dans un ovale masquant les cheveux et les oreilles. Les valeurs de luminance des photographies ont été égalisées sur Matlab[®] (Figure 7.1).

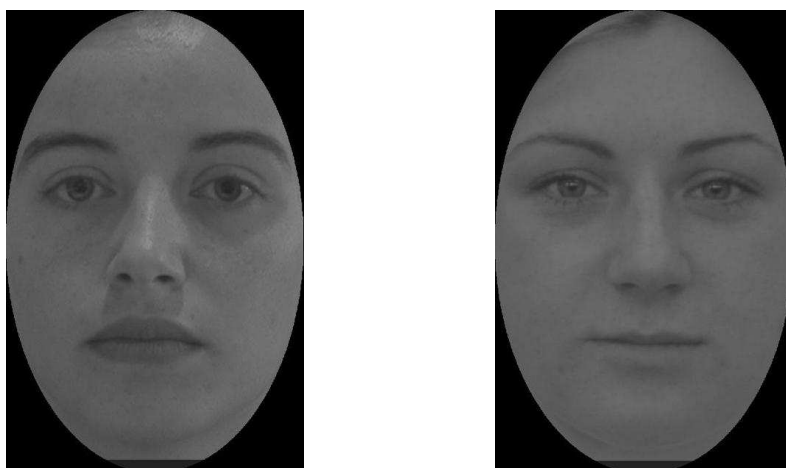


Figure 7.1 : Exemple de stimuli utilisé dans l'étude 7a. Tous les visages sont alignés sur la position du centre des pupilles.

Les visages étaient présentés par paires tirées au hasard (sans remise) à partir de l'ensemble des 32 visages. Les nourrissons ont ainsi vu quatre paires de visages, qui furent ensuite présentées à nouveau en inversant la position gauche/droite des visages. Chaque paire de visages a été présentée à partir du premier regard du nourrisson vers l'un des stimuli jusqu'à ce que 5 secondes de temps de regard cumulées sur les deux images soit enregistrées ou que 25 secondes de temps de présentation soient écoulées. Avant le début de chaque essai une cible apparaissait au centre de l'écran afin d'attirer le regard du nourrisson à cet endroit. Dès lors que le nourrisson regardait la cible, l'expérimentateur pressait un bouton et l'essai débutait, laissant apparaître une paire de visages. Les mesures de mouvements oculaires ont été réalisées à l'aide d'un EyeLink[®] 1000 (SR Research Ltd, Ontario, Canada) et la

présentation des stimuli était réalisée avec Matlab® à l'aide de la Psychtoolbox. La caméra enregistrait la position des yeux et de la pupille avec un échantillonnage à 250Hz. Les mesures ont été faites sur un seul œil bien que la présentation des stimuli soit binoculaire (voir Chapitre 4, section 4.2.3).

7.1.1.3 Mesure de distance par rapport au prototype

Les visages ont au préalable été jugés sur leur attractivité par un groupe de 38 participants (Age moyen = 20,1 ans, $EC = 2.33$ ans) sur une échelle en 5 points (1-pas du tout attractif, 3-neutre, 5-très attractif). La mesure de distance par rapport au prototype a été réalisée à partir d'un prototype de 42 visages de femmes européennes ayant entre 20 et 40 ans (dont les 32 visages présentés aux nourrissons). Les visages ont été mis à l'échelle de telle manière que la distance entre le centre des pupilles soit identique pour tous les visages. Le prototype a été élaboré à partir du logiciel Psychomorph (Tiddeman, Burt, & Perrett, 2001) selon une méthodologie classiquement utilisée dans les études de préférences pour les visages chez le nourrisson et l'adulte (Griffey & Little, 2014; Little & Hancock, 2002; Little, 2012; Perrett et al., 1998, 1999). Chaque visage a été marqué par 52 points de repères qui servent à délimiter les éléments internes du visage (e.g., yeux, nez, bouche) et les contours externes (e.g., joues, front) afin de créer le prototype (voir Figure 7.2).



Figure 7.2: Exemple de visage avec les points de repères (croix vertes). A gauche est représenté un visage individuel, et à droite le prototype de 42 visages (dont les 32 visages utilisés comme stimuli).

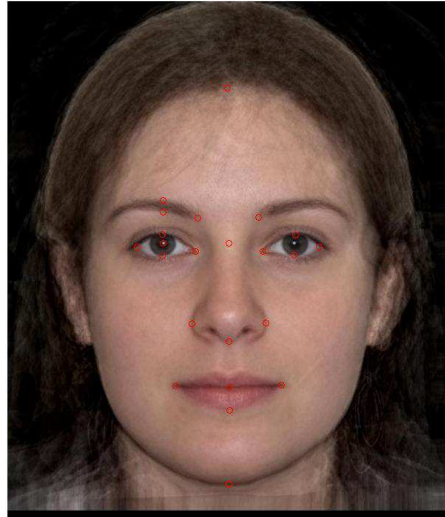


Figure 7.3: Représentation des points (cercles rouges) à partir desquels les mesures de distance ont été calculées, représentés sur le prototype.

Dix-sept mesures ont été effectuées à partir du prototype (voir Figure 7.3) :

Mesure des éléments internes :

- Yeux : Longueur œil gauche, largeur œil gauche, longueur œil droit, largeur œil droit.
- Bouche : Largeur bouche, épaisseur lèvre inférieure.
- Nez : Largeur nez.
- Sourcils : épaisseur sourcils.

Mesures configurales :

- Distance nez/point entre les pupilles.
- Distance bouche/point entre les pupilles.
- Distance haut du front/point entre les pupilles.
- Distance bouche/pointe menton.
- Distance pupille gauche/sourcil gauche.
- Distance inter-sourcilière.
- Distance coin gauche œil gauche/coin droit œil droit.
- Mesure de symétrie bouche/nez: rapport Distance bas du nez/coin bouche gauche et Distance bas du nez/coin bouche droit.
- Mesure de symétrie yeux/sourcil: rapport distance centre sourcil gauche/coin œil gauche et distance centre sourcil droit/coin œil droit.

Ces mesures correspondent à des points liés aux mesures d'attractivité, de féminité ou de symétrie utilisées dans les études de préférences pour les visages (Baudouin & Tiberghien, 2004; Burton, Bruce, & Dench, 1993; Perrett et al., 1999). Chacune des 17 mesures de chaque visage individuel a été soustraite à la valeur correspondante sur le prototype, puis centrée-réduite. Les mesures ont été ensuite moyennées afin d'obtenir une mesure unique globale de distance par rapport au prototype. Le but était de chercher à construire une mesure qui reflète les variations des jugements d'attractivité tout en étant *uniquement* basée sur la distance des caractéristiques faciales par rapport à la moyenne. L'objectif était donc de construire une mesure qui corrèle avec les jugements d'attractivité posés sur les visages. Nous avons observé une corrélation négative entre les deux mesures $r(30) = -.47$, $p = .006$, indiquant que les visages les plus attractifs étaient également les visages les plus proches du prototype, en accord avec les travaux liant mesures de typicalité et attractivité (Potter et al., 2007; Potter & Corneille, 2008).

7.1.2 Analyse des résultats

La zone d'intérêt était délimitée par la surface ovale entourant les visages. Seules les fixations comprises dans cette zone ont été incluses dans l'analyse. Le découpage des données d'oculométrie (e.g., saccades, fixations, clignements, etc.) a été réalisé à l'aide d'un algorithme estimant la vitesse de déplacement angulaire de l'œil pour chaque sujet. Les variations angulaires supérieures à $\pm 0.5^\circ$ étaient considérées comme des saccades et le temps de regard minimal pour définir une fixation était 40 ms.

Le temps écoulé lors des saccades oculaires a été retranché du temps total de regard, aussi le temps de regard final n'inclut que le temps de fixation sur l'un ou l'autre des visages présentés. L'analyse a été effectuée sur le temps de fixation moyen et sur le nombre moyen de fixations. Les essais pour lesquels le temps de regard par stimulus était inférieur à 0,5 secondes ou dont le temps total de regard additionné sur les deux stimuli était inférieur à 2,5 secondes (i.e., 50% du temps de présentation) ont été exclus de l'analyse. Au final, les nourrissons avaient en moyenne 6,5 essais. Un stimulus a dû être exclu de l'analyse finale du fait de valeurs extrêmes sur différents indices statistiques (RSS, Distance de Cook et Dfitts).

Les paires de visages étaient formées aléatoirement lors de chaque essai, ce qui implique que la différence de distance entre les visages était variable : parfois faible, parfois élevée. Néanmoins, lors de chaque essai l'un des visages était toujours relativement plus

proche du prototype que l'autre. Afin d'obtenir une moyenne de temps de regard vers les visages proche ou éloigné du prototype pour chaque nourrisson, les visages ont donc d'abord été classés en fonction de leur relative proximité par rapport au prototype pour chaque essai. Les temps de regard des visages proches et éloignés du prototype ont ensuite été moyennés afin d'obtenir deux mesures par nourrisson, l'une représentant le temps de regard moyen vers les visages proches du prototype, et l'autre le temps de regard moyen vers les visages plus éloignés. Les nourrissons ont présenté à la fois des temps de regard moyens plus longs et un nombre de fixations plus grand pour les visages proches du prototype par rapport aux visages plus éloignés (voir Tableau 3).

Tableau 3: Temps de regard moyen (secondes) et nombre moyen de fixations en fonction de la proximité des visages par rapport au prototype, avec *t*-test et *d* de Cohen.

	Visage proche du prototype (<i>EC</i>)	Visage éloigné du prototype (<i>EC</i>)	$t^a(28)$	p	d
Temps de regard moyen	2,45 (0,28)	2,15 (0,31)	3,34	.002	0,62
Nombre moyen de fixations	6,02 (1,58)	5,31 (1,19)	2,79	.009	0,52

^a*t* vs. hasard.

On peut de plus s'attendre à ce que la préférence pour les visages proches du prototype soit plus marquée lorsque la différence de distance est plus grande et inversement que la préférence soit plus faible voire absente lorsque la différence est faible. De fait, la différence de distance entre les visages est corrélée positivement avec la différence de temps de regard ($r[187] = .26, p < .001$), suggérant que la préférence pour les visages proches du prototype est d'autant plus forte que la différence de distance entre les visages est grande (voir Figure 7.4). On retrouve cette relation lorsque l'on analyse les données par stimuli. Les temps de regard moyens par stimulus sont négativement corrélés aux mesures de distance au prototype, $r(29) = -.63, p < .001$, suggérant à nouveau que les nourrissons ont d'autant plus regardé les visages que ceux-ci étaient proches du prototype (voir Figure 7.5).

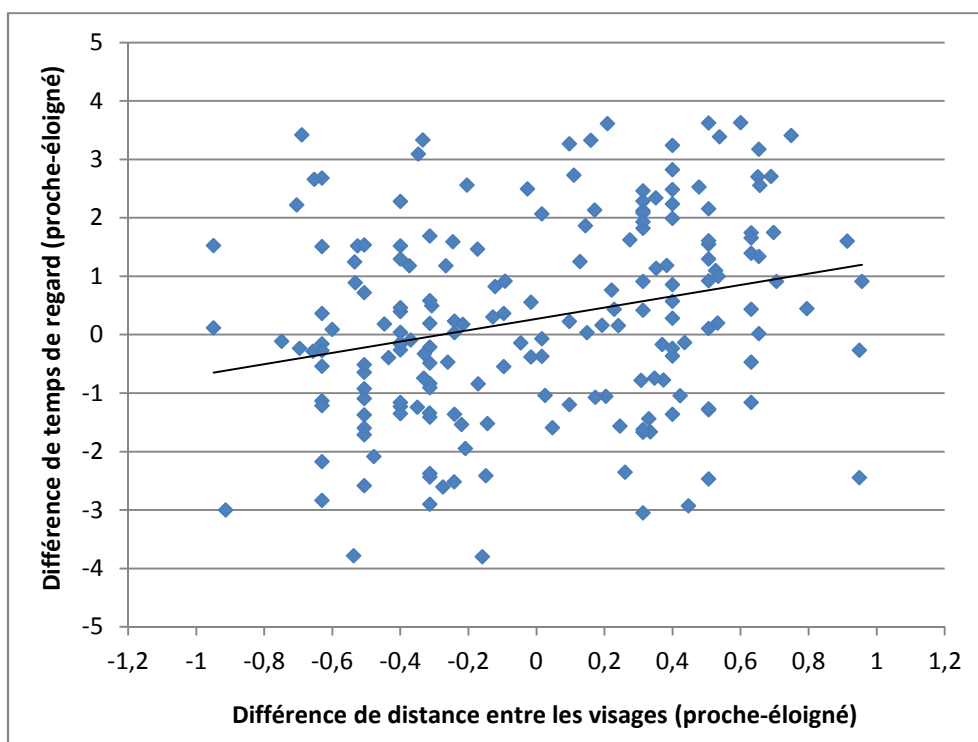


Figure 7.4: Représentation de la différence de temps de regard pour chaque paire de visages présentée aux nourrissons en fonction de la différence de distance par rapport au prototype.

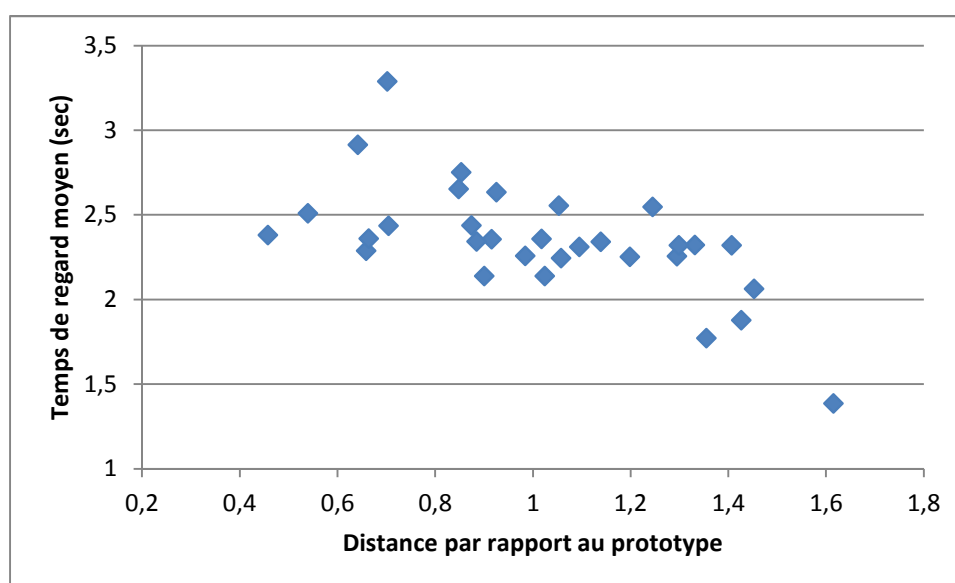


Figure 7.5: Représentation des temps de regard moyen vers chaque visage en fonction de la distance par rapport au prototype.

La mesure de distance par rapport au prototype étant corrélée aux jugements d'attractivité, on peut s'attendre à ce que cette mesure soit également un bon prédicteur du temps de regard des nourrissons. En effet, les visages les plus attractifs de chaque paire étaient préférés par rapport aux visages les moins attractifs, $M = 2,46$ s (0,38 s) et $M = 2,15$ s

(0,32 s) respectivement, $t(28) = 2,65$, $p = .013$, $d = 0,49$. On trouve le même pattern sur la mesure du nombre de fixations, le nombre de fixations étant plus grand pour les visages attractifs que non attractifs $M = 6,02$ (1,70), $M = 5,31$ (1,29) respectivement, $t(29) = 2,14$, $p = .04$, $d = 0,39$. De la même manière que pour la distance par rapport au prototype, les jugements d'attractivité étaient corrélés (mais positivement) avec le temps de regard moyen par visage, $r(29) = .61$, $p < .001$.

7.1.2.1 Contribution des mesures de distance et d'attractivité

Afin de déterminer la contribution unique de chacun des facteurs « distance » et « attractivité » sur les variations de temps de regard, nous avons réalisé une régression multiple sur les temps de regard par stimulus en fonction des deux mesures. Globalement, la distance par rapport au prototype et le jugement d'attractivité étaient responsable de 48,90% de la variance des temps de regard, $F(2,28) = 15,34$, $p < .001$. Plus crucialement, la corrélation partielle entre la distance par rapport au prototype et le temps de regard est significative, $r(28) = -.48$, $p = .007$, indiquant que cette mesure explique 23.38% de la variance des temps de regard en contrôlant pour l'attractivité. On peut noter que la corrélation partielle entre les jugements d'attractivité et le temps de regard est également significative, $r(28) = -.46$, $p = .011$, et explique 20,89% des variations de temps de regard lorsque la distance par rapport au prototype est contrôlée. Ainsi, l'effet de la typicalité des visages sur les préférences des nourrissons n'est pas totalement réductible à l'attractivité des visages telle que mesurée par les jugements d'attractivité des adultes. Ce résultat rejoint les travaux montrant la relative indépendance de la contribution de la typicalité dans la formation des préférences pour les visages (Little et al., 2011; G. Rhodes, 2006). La sensibilité des nourrissons pour les visages prototypiques avait dans des travaux antérieurs été mise en évidence pour des visages prototypiques créés par ordinateur et contrastés avec des visages non attractifs (Rubenstein et al., 1999). Aussi, ces données permettent de généraliser cet effet pour des visages individuels, et fournissent des preuves plus directes de l'influence de la typicalité dans la construction des préférences des nourrissons pour les visages.

7.2 Etude 7b. Nourrisson macaque

Si la préférence pour les visages proches du prototype est liée à un processus de base du traitement de l'information qui associerait fluence et préférence, alors on peut supposer que des organismes présentant une certaine similarité cognitive avec l'humain présentent des

préférences similaires. Le but de cette étude était de tester les préférences de nourrissons macaques rhésus de trois mois pour des visages de nourrissons macaques en fonction de leur distance par rapport au prototype. L'usage de visages de nourrissons et non d'adultes était motivé par les conditions d'élevage des nourrissons testés. Ceux-ci étaient exclusivement exposés à d'autres nourrissons macaques depuis leur naissance, et par conséquent la représentation du « visage moyen » de ces macaques est sans doute plus proche d'un visage de nourrisson que d'adulte – si l'on considère que cette représentation est construite par l'expérience.

Il y a maintenant un certain nombre de données comparatives à propos du développement du cerveau et du comportement sur lequel nous pouvons baser une équivalence de maturation. Les humains possèdent à la naissance un cerveau relativement précoce (en termes de développement neuronal, voir Clancy, Darlington, & Finlay, 2001), tout comme les macaques, mais cette précocité contraste avec le reste du corps qui est, lui, tout à fait immature en comparaison des macaques du même âge gestationnel (Clancy, Darlington, & Finlay, 2001). Aussi, à la naissance, quoique les humains et les macaques montrent des différences motrices certaines, leurs capacités perceptives, incluant la vision, sont approximativement égales (Machado & Bachevalier, 2003; pour une revue, voir Boothe, Dobson, & Teller, 1985). C'est seulement après la naissance que les macaques vont présenter une maturation accélérée en regard des humains, à un facteur de conversion de 4:1. On peut ainsi considérer l'âge en semaines des macaques comme l'âge en mois des nourrissons humains, d'où le choix de tester des nourrissons macaques de 3 mois afin de correspondre – en termes de maturation – au groupe de nourrissons humains de 12 mois. La similarité n'est évidemment pas totale, puisque que là où un nourrisson humain de 12 mois a connu 12 mois d'exposition aux visages, un nourrisson macaque de 3 mois n'en a évidemment connu que trois. Aussi, quoique le niveau de maturation puisse être considéré comme approximativement similaire, l'expérience avec les visages n'est donc pas quantitativement équivalente. Nous avons pris le parti de considérer que la différence de maturation entre un macaque et un humain tous deux âgés de 12 mois était largement plus problématique que la différence d'expérience.

7.2.1.1 Participants

Vingt-trois nourrissons macaques (*Macaca mulatta*) de 3 mois (15 filles, $M = 95,5$ jours, $EC = 3,5$ jours) ont participé à l'étude. Trois nourrissons supplémentaires ont été exclus

du fait de manque de données (i.e., les nourrissons n'ont pas regardé les images durant toute la passation, ou étaient trop agités). Les nourrissons étaient élevés en compagnie d'autres nourrissons macaques, et n'ont pas été exposés à des visages de macaques adultes. L'exposition aux visages d'humains était également limitée puisque le personnel soignant et les expérimentateurs étaient systématiquement vêtus d'un équipement protecteur ne laissant voir que les yeux (pour plus de détails sur les pratiques d'élevage, voir Chapitre 4, section 4.4.1).

7.2.1.2 Matériel et procédure

Les stimuli étaient des photographies en noir et blanc de nourrissons macaques ($n = 16$). Les visages représentaient des individus inconnus des nourrissons testés. Les visages ont été découpés et placés dans un ovale masquant les oreilles et le haut du crâne. Les valeurs de luminance des photographies ont été égalisées sur Matlab (Figure 7.6).

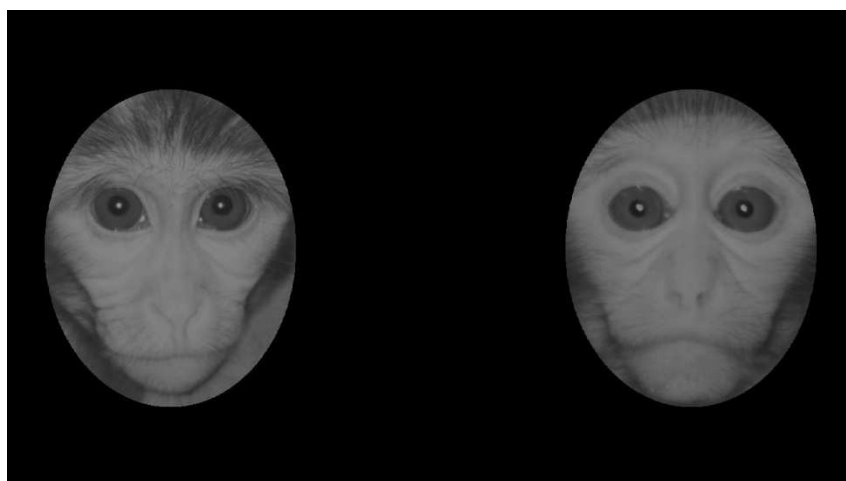


Figure 7.6 : Exemple de stimuli utilisé dans l'étude 7b. Tous les visages sont alignés sur la position du centre des pupilles.

Les visages étaient présentés par paires initialement composées de façon aléatoire mais fixées pour toute l'étude ($n = 8$). Les nourrissons ont ainsi vu quatre paires de visages, qui furent ensuite présentées à nouveau en inversant la position gauche/droite des visages. Chaque paire de visages a été présentée à partir du premier regard du nourrisson vers l'un des stimuli jusqu'à ce que 10 secondes soit écoulées. Avant le début de chaque essai une cible apparaissait au centre de l'écran afin d'attirer le regard du nourrisson à cet endroit. Dès lors que le nourrisson regardait la cible, l'expérimentateur pressait un bouton et l'essai débutait, laissant apparaître une paire de visages. Les mouvements oculaires des nourrissons macaques étaient enregistrés à l'aide d'un TOBII® TX300, avec un écran intégré et un système

d'oculométrie possédant un échantillonnage à 60 Hz. La présentation des stimuli était prise en charge par le logiciel Tobii Studio (Tobii Technologie, Suède).

7.2.1.3 Mesure de distance par rapport au prototype

La mesure de distance par rapport au prototype a été réalisée à partir d'un prototype de 16 visages de nourrissons macaques âgés de 30 à 90 jours. Le prototype a été élaboré à partir du logiciel Psychomorph (Tiddeman et al., 2001) de manière identique au prototype de l'étude 7a. Chaque visage a été marqué par 67 points de repères qui servent à délimiter les éléments internes du visage (e.g., yeux, nez, bouche) et les contours externes (e.g., joues, front) afin de créer le prototype (voir Figure 7.7).

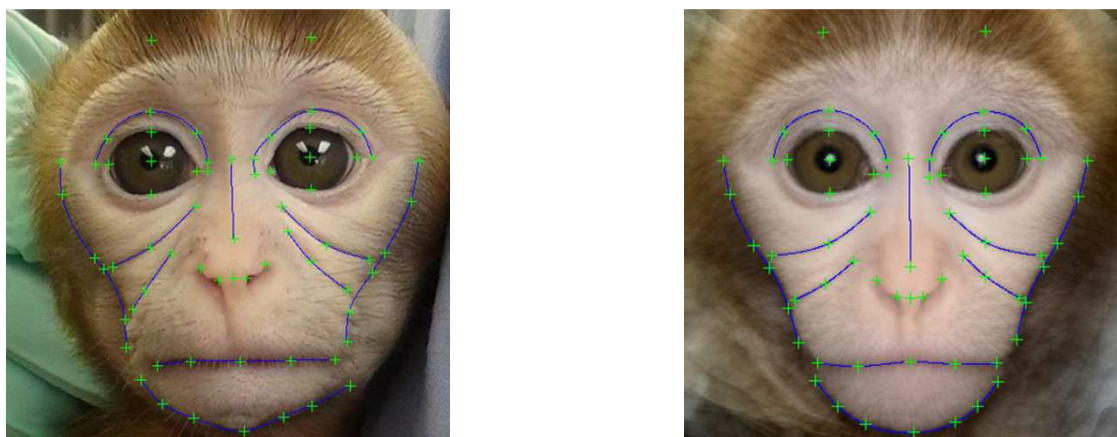


Figure 7.7: Exemple de visage avec les points de repères (croix vertes). À gauche est représenté un visage individuel, et à droite le prototype (construit à partir des 16 visages utilisés en stimuli).



Figure 7.8: Représentation des points (cercles rouges) à partir desquels les mesures de distance ont été calculées, représentés sur le prototype.

Certains points de repères évidents sur un visage humain étaient nettement plus équivoques sur les visages de macaques (e.g., sourcils, lèvres), aussi seules onze mesures ont pu être effectuées à partir du prototype (voir Figure 7.8). Contrairement aux humains qui présentent typiquement un pattern d'exploration des visages en triangle inversé (i.e., des yeux vers la bouche et le nez), les macaques passent le plus clair de leur temps sur la zone des yeux (Emery, 2000; Gothard, Erickson, & Amaral, 2004a; Keating & Keating, 1982; Leonard, Blumenthal, Gothard, & Hoffman, 2012). Afin de tenir compte de cette particularité, la plupart des mesures que nous avons sélectionnées étaient liées aux yeux.

Mesure des éléments internes :

- Yeux : Longueur œil gauche, largeur œil gauche, longueur œil droit, largeur œil droit.
- Nez : Largeur nez.
- Bouche : Largeur bouche

Mesure des configurales :

- Distance cerne gauche/ bord œil gauche
- Distance cerne droite/ bord œil droit
- Distance bord œil gauche/bord œil droit
- Distance caroncule lacrymal gauche/ caroncule lacrymal œil droit
- Distance nez/bouche

Chacune des mesures de chaque visage individuel a été soustraite de la valeur correspondante sur le prototype, centrée-réduite, puis moyennée afin d'obtenir une mesure unique globale de distance par rapport au prototype. Les visages ont également été jugés sur leur attractivité par un groupe de 20 participants (Age moyen = 21,3 ans, $EC = 2.45$ ans) sur une échelle en 9 points (1-pas du tout attractif, 5-neutre, 9-très attractifs). Contrairement à la mesure d'attractivité réalisée sur les visages humains, cette mesure n'était pas corrélée avec la mesure de distance par rapport au prototype, $r(14) = -.13, p = .702$.

7.2.2 Analyse des résultats

La zone d'intérêt était délimitée par la surface ovale entourant les visages. Seules les fixations comprises dans cette zone ont été incluses dans l'analyse. Le découpage des données d'oculométrie (e.g., saccades, fixations, clignements, etc.) a été réalisé à l'aide du système intégré Tobii studio, le temps de regard minimal pour définir une fixation était 100 ms. Les

essais pour lesquels les nourrissons n'ont regardé qu'un seul des deux visages ou moins de 5% du temps de présentation (i.e., 0,5 sec par visage) ont été exclus de l'analyse. Au final les nourrissons avaient en moyenne 3,1 essais. Tout comme les nourrissons humains, les nourrissons macaques ont regardé plus longuement les visages proches du prototype plutôt que les visages plus éloignés (voir Tableau 4), indiquant que la préférence pour la typicalité se retrouve également chez d'autres espèces proches de l'homme.

Tableau 4: Temps de regard moyen (secondes) en fonction de la proximité des visages par rapport au prototype, avec t-test et d de Cohen.

	Visage proche du prototype (<i>EC</i>)	Visage éloigné du prototype (<i>EC</i>)	$t^a(23)$	p	d
Temps de regard moyen	1,72 (0,87)	1,31 (0,43)	2,19	.040	0,46
Nombre moyen de fixations	7,74 (4,38)	6,43 (2,19)	1.43	.170	0,30

^a t vs. hasard.

La préférence est toutefois moins marquée que chez le nourrisson humain. Celle-ci n'apparaît pas en terme de nombre moyen de fixations, et quoique la corrélation entre le temps de regard par visage et la mesure de distance par rapport au prototype soit dans la bonne direction (voir Figure 7.9), celle-ci n'atteint pas la significativité, $r(14) = -.390$, $p = .136$.

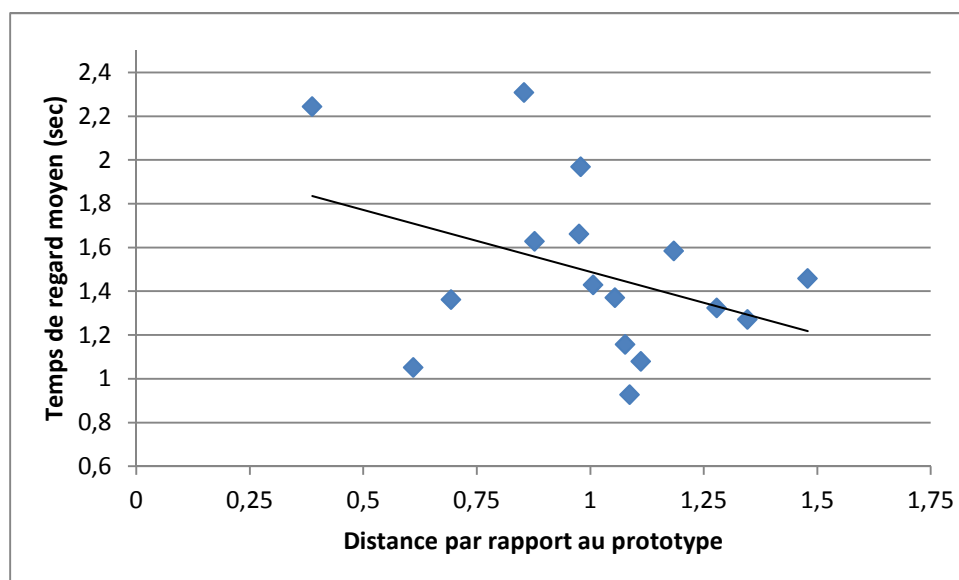


Figure 7.9: Représentation des temps de regard moyen vers chaque visage de singe en fonction de la distance par rapport au prototype

7.3 Discussion des études 7a et 7b

Les nourrissons humains ont montré une nette propension à regarder plus longtemps les visages les plus proches du prototype, comportement que l'on a également retrouvé, quoique dans une moindre mesure, chez les nourrissons macaques. Ces résultats suggèrent l'existence d'un mécanisme commun aux deux espèces conduisant à des préférences visuelles pour les visages. Ces préférences pourraient trouver leur origine dans la facilité à traiter les visages prototypiques par rapport aux visages moins prototypiques. La fluence perceptive est une source d'attributions diverses chez l'adulte humain, qu'il s'agisse de familiarité subjective (Whittlesea, 1993, 2002), de jugement de préférence (Reber et al., 2004), ou même plus surprenant voire inquiétant, qu'il s'agisse de juger de la vérité d'une assertion (Reber & Schwarz, 1999). D'une manière générale, la fluence perceptive est positivement marquée (Reber et al., 1998; Winkielman & Cacioppo, 2001), et semble guider le comportement visuel des nourrissons lors du traitement des visages. Les résultats de l'étude 7b suggèrent de plus que ce mécanisme est partagé par des nourrissons macaques.

La préférence est toutefois plus modérée pour le groupe de nourrissons macaques. Il faut noter que la préférence pour la typicalité chez les nourrissons humains était également soutenue par les autres facteurs contribuant à l'attractivité des visages. En effet, les nourrissons humains sont sensibles à l'attractivité des visages de façon générale (Langlois et al., 1987, 1991; Van Duuren et al., 2003). La typicalité est un des composants de l'attractivité parmi d'autres qui ont chacun pu influencer les préférences visuelles des nourrissons, ce qu'illustre d'ailleurs la corrélation partielle significative entre l'attractivité et le temps de regard (Etude 7a). Il n'est pas évident qu'il en aille de même pour les nourrissons macaques, dont on ignore les préférences en matière d'esthétique : Il est nettement plus difficile d'obtenir un jugement de l'attractivité des visages de la part de macaques – même adultes. Par ailleurs, d'autres facteurs plus liés à la méthodologie employée (i.e., nombre plus restreint de stimuli, paires fixées à l'avance) ont également pu contribuer à obtenir un effet moins marqué.

Un dernier point à considérer est l'équivalence humain/macaque en termes d'âge. Nous avons noté précédemment que l'équivalence maturationnelle n'est pas gage d'équivalence expérientielle. Là où un macaque de 3 mois peut être considéré comme équivalent en termes de maturation à un nourrisson de 12 mois, il est en revanche à peine équivalent à un nourrisson de 3 mois en termes d'expérience, et même probablement moins.

En effet, ces nourrissons n'ont pas disposé de l'exposition aux visages typiques des nourrissons de leur espèce puisqu'ils ont été élevés en nurserie dès leur naissance (voir Chapitre 4, section 4.4.1). Comparativement à des nourrissons humains de 3 mois, ils ont donc reçu moins d'exposition aux visages de manière générale, et moins d'exposition aux visages de leur espèce en particulier. Dans ce contexte, il est nettement moins surprenant que les nourrissons macaques aient présenté un effet moins prononcé de la typicalité, et l'on peut penser que cet effet devrait se renforcer à mesure que les nourrissons accumulent plus d'expérience avec les visages.

DISCUSSION GENERALE

Chapitre 8. Discussion générale, perspectives et conclusion

Le but de ce travail de thèse était d'étudier les mécanismes de formation des préférences visuelles pour les visages chez le nourrisson dans la première année de vie, en les intégrant dans un modèle multidimensionnel de représentation des visages, le *face-space* (Valentine, 1991). Cette approche visait à proposer un processus psychologique rendant compte des préférences visuelles en liant ces dernières à la structure de l'espace de représentation des visages des nourrissons. La réalisation de cet objectif est passée par la mise en évidence de biais visuels liés à l'âge des visages, ainsi que par l'étude des préférences visuelles pour les visages de manière générale chez le nourrisson humain et macaque.

Le modèle du *face-space* fournit un cadre théorique de la représentation d'une population de visages en fonction de l'expérience de l'individu. La localisation des visages dans cet espace est déterminée par les caractéristiques des visages utilisées pour reconnaître et discriminer les visages entre eux. Ainsi, la similarité perceptive de deux visages est conçue comme la distance qui sépare ces visages dans l'espace. Les visages étant des construits biologiques, ceux-ci sont supposés être distribués de façon normale sur les dimensions du *face-space* autour de la tendance centrale. Cette dernière correspond à l'origine du *face-space* sur toutes les dimensions, et représente une moyenne ou prototype de la population de visages. Le prototype représente donc la moyenne de toutes les expériences passées avec les visages. Du fait du caractère normal de la distribution, les visages sont répartis selon un gradient de densité décroissant à mesure que l'on s'éloigne du prototype. Les visages typiques sont donc par définition ceux localisés à proximité du prototype, et les visages distinctifs ceux se trouvant plus éloignés dans l'espace.

Les nourrissons ont une expérience des visages peu diversifiée dans la première année de vie, composée essentiellement de visages d'adultes du même type que celui des parents et majoritairement féminins (Rennels & Davis, 2008; Sugden et al., 2014). La structure du *face-space* en développement des nourrissons va refléter les caractéristiques des visages les plus

fréquemment rencontrés, et donner lieu à des particularités comportementales telles que des biais visuels pour certaines catégories de visages. Inversement, les préférences spontanées des nourrissons vont fournir des indices sur la manière dont se développe le *face-space* dans l'enfance.

8.1 Synthèse et discussion des résultats principaux

8.1.1 Evolution des préférences pour les visages d'adultes chez le nourrisson dans la première année

La première série d'études a permis d'établir l'existence d'un biais pour les visages d'adultes chez le nourrisson. La préférence pour cette catégorie de visages émerge très précocement puisqu'elle est visible chez les nouveau-nés âgés de quelques jours (Etude 1). Par la suite, cette préférence se maintient jusqu'à l'âge de 6 mois (Etude 2), s'estompe à 9 mois et a complètement disparu à 12 mois (Etude 3) (voir Figure 8.1).

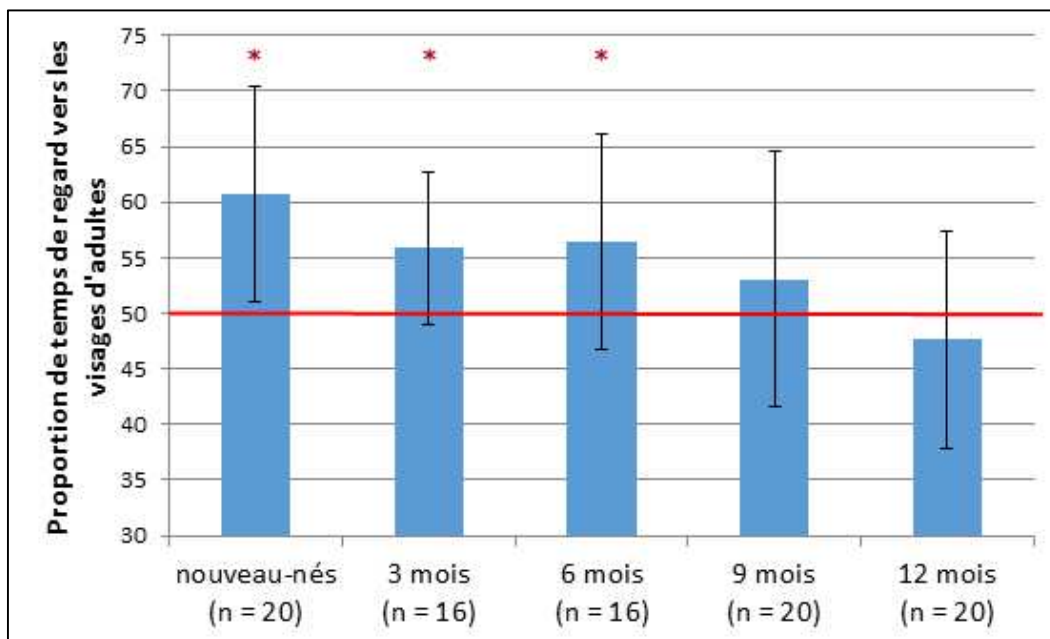


Figure 8.1: Pourcentage moyen de temps de regard vers les visages d'adultes par rapport aux visages de nourrissons (avec écart-type) chez les nourrissons âgés de quelques jours à 12 mois. La ligne rouge représente le niveau du hasard et les étoiles les valeurs significativement différentes de 50%.

On retrouve ici l'évolution typique des préférences liées aux asymétries d'exposition telles que le genre et le type (Liu, Xiao, Quinn, et al., 2015; Liu, Xiao, Xiao, et al., 2015). L'expérience quotidienne des nourrissons avec les visages d'adultes est donc bien corrélée avec une préférence pour cette catégorie de visages, par rapport à une catégorie peu

fréquemment rencontrée, telle que les visages de nourrissons. En revanche, cette préférence n'apparaît pas lorsque l'on présente des visages chinois, illustrant le cloisonnement de cette préférence aux visages de type familial. Nous avons considéré précédemment l'hypothèse selon laquelle les nourrissons répondent préférentiellement aux visages proches de la tendance centrale du *face-space*, ce à quoi les résultats de l'étude 7a a permis d'apporter une confirmation plus directe.

Ce mécanisme ne permet pourtant pas de comprendre la raison de la diminution des préférences pour les visages d'adultes après 6 mois. Le prototype de visage des nourrissons doit refléter les asymétries de leur environnement et être probablement déformé vers un prototype d'adulte féminin de type européen. A mesure que les nourrissons grandissent et qu'ils sont exposés à d'autres catégories de visages, on peut imaginer que le prototype va se modifier pour inclure des caractéristiques des nouvelles catégories. La disparition des préférences pour les visages d'adultes chez les nourrissons de 9 et 12 mois (étude 3) pourrait ainsi être liée à l'exposition aux visages de nourrissons par le biais de la crèche. Ceci impliquerait que l'on trouve un maintien des préférences chez les nourrissons qui ne sont jamais exposés à d'autres nourrissons, ce que nos travaux ne permettent pas d'affirmer avec certitude, en raison du faible nombre de nourrissons sans expérience de la crèche. Une telle interprétation s'accorderait avec les travaux de Liu, Xiao, Quinn, et al. (2015) qui montrent que la diminution de la préférence pour les visages féminins corrèle avec l'augmentation de l'exposition à des visages masculins chez des nourrissons chinois. Toutefois, le fait que l'on puisse trouver le même pattern développemental pour les préférences liées au type de visages (Liu, Xiao, Xiao, et al., 2015) impose de nuancer cette interprétation, car dans ce cas précis, la diminution des préférences n'est pas spécialement associée à l'augmentation de l'exposition à des visages d'autres types (Rennels & Davis, 2008). On peut remarquer également que les résultats de l'étude 7a suggèrent que la préférence pour les visages proches d'un prototype de visage d'adulte persiste bien après 9 mois. Aussi, l'interprétation de la disparition des préférences de familiarité en termes de modification du prototype ne paraît pas réellement satisfaisante.

Une explication alternative est d'envisager que les préférences liées aux asymétries d'exposition reflètent une forme de fausse reconnaissance des visages familiers. Si l'on considère que les régions d'identité des quelques visages présents dans le *face-space* des nourrissons sont plus larges chez les nourrissons plus jeunes, la présentation de visages portant certaines caractéristiques des individus familiers pourrait activer la représentation du

visage correspondant et déclencher une préférence. Cette préférence disparaîtrait d'elle-même à mesure que les nourrissons acquièrent une connaissance plus fine des visages familiers, et que les régions d'identité correspondant à ces visages forment des frontières plus nettes et restreintes. On note par ailleurs que l'âge où les préférences s'estompent (i.e., 9 mois) est aussi celui pour lequel est rapporté une spécialisation pour les visages d'adultes (Macchi Cassia, Bulf, et al., 2014), illustrant l'affinage du traitement des visages pour cette catégorie. On peut arguer que les deux hypothèses ne sont pas nécessairement incompatibles et que les deux processus (i.e., fausse reconnaissance et préférence pour les visages proches du prototype) pourraient initialement agir de concert pour faire émerger des préférences. En revanche, les effets de ces deux mécanismes vont avoir des influences différentes à mesure que les nourrissons grandissent, les fausses reconnaissances diminuant avec l'âge alors que l'effet dû à la proximité avec le prototype va se maintenir.

8.1.2 Préférences visuelles pour les visages d'enfants et de nourrissons

Si les mécanismes décrits précédemment étaient seuls à l'œuvre dans la formation des préférences des nourrissons, il semble quelque peu contradictoire de ne plus observer de préférence pour les visages d'adultes à 9 et 12 mois, puisque ces visages restent plus proches du prototype de visage d'adultes que ne peuvent l'être des visages de nourrissons. La disparition des préférences suggère que cette attraction pour les visages proche du prototype est en compétition avec un autre facteur. Les résultats des études 4 et 5 peuvent à cet égard fournir un éclairage particulier.

De façon plutôt inattendue, les nourrissons ont montré dans ces études des préférences pour les visages les moins familiers, relativement à leur expérience quotidienne. Il semble qu'au-delà d'un certain seuil de distance par rapport au centre du face-space, la relative proximité du visage avec le prototype ne va plus suffire à provoquer une préférence. C'est au contraire le visage qui en est le plus éloigné qui sera alors préféré, comme si les nourrissons préféraient le visage le plus nouveau. Ces résultats montrent donc qu'en soi, la proximité par rapport au prototype *dans l'absolu* ne conduit pas systématiquement à une préférence et suggèrent plus généralement que familiarité et nouveauté sont constamment en compétition pour l'attention des nourrissons. De manière générale, il semble que lorsque les nourrissons ne sont pas confrontés à un contraste de catégories de visages pour lequel existe une forte disparité dans l'exposition quotidienne, les préférences vont être dirigées par la nouveauté. Ce dernier point tend à rendre les prédictions expérimentales des préférences visuelles des

nourrissons parfois hasardeuses et contribue à la grande variabilité des résultats, typique de cette population.

Notons que cette compétition entre nouveauté et familiarité a pu contribuer à la diminution des préférences de familiarité pour les visages d'adultes. En effet, chez les nourrissons plus jeunes l'attrait pour la nouveauté est en opposition à la fois avec les préférences pour les visages des proches (i.e., fausses reconnaissances) ainsi que les préférences pour les visages proches du prototype. Dans ce cas, la balance penche du côté de la familiarité. Dès lors que l'appui des fausses reconnaissances disparaît, l'avantage de la familiarité diminue, et l'on observe un pattern de préférences plus variable, allant de l'absence de préférence (i.e., âge, Etude 3; genre, Liu, Xiao, Quinn, et al., 2015) à une préférence pour la nouveauté (i.e., type, Liu, Xiao, Xiao, et al., 2015). L'influence de la nouveauté sur les préférences visuelles semble toutefois plus marquée lorsque les visages présentés appartiennent à des catégories différentes (e.g., enfant/nourrisson, Etude 4 ; type familier/non familier, Liu, Xiao, Xiao, et al., 2015) que lorsque ceux-ci appartiennent à la même catégorie (e.g., visages d'adultes féminins, Etude 7a). A l'intérieur d'une catégorie de visage, l'influence majeure déterminant les préférences est plutôt l'attractivité (Langlois et al., 1987, 1991; Samuels & Ewy, 1985; Slater et al., 1998; Slater, Bremner, et al., 2000; Van Duuren et al., 2003), que l'on peut associer à la familiarité par sa composante de typicalité (Halberstadt & Rhodes, 2000; Rubenstein et al., 1999).

Il est nécessaire de mentionner par ailleurs que le baby schema, malgré son effet robuste chez l'adulte en tant que déterminant des préférences visuelles, n'a pas amené les nourrissons à montrer de préférence pour cette catégorie de visages. La modulation de la préférence en fonction de l'expérience avec les différentes catégories de visages laisse penser qu'une sensibilité précoce au baby schema n'a sans doute pas été l'influence majeure guidant le comportement visuel. Au mieux, les nourrissons sans expérience quotidienne des visages d'enfants et de nourrissons présentaient une faible préférence spontanée pour cette dernière catégorie (Etude 4). La sensibilité particulière aux caractéristiques faciales qui définissent le baby schema se développe probablement plus tard dans l'enfance. On peut se demander dans quelle mesure il est nécessaire d'avoir une connaissance des visages de nourrissons (ou de la catégorie « nourrisson ») avant d'observer cet effet. On note d'ailleurs que même chez l'adulte l'effet de priorité attentionnelle est influencé par l'expérience individuelle avec les nourrissons (Thompson-Booth et al., 2014) : l'effet de saillance des visages de nourrissons (inconnus) est plus marqué pour des mères que pour des femmes n'ayant pas d'enfant. Nous

ne suggérons pas que l'effet du baby schema soit un pur produit de l'expérience perceptive avec les visages de nourrissons, mais plutôt qu'il nécessite en amont des catégories de visages de nourrissons plus « enrichies » que celles que présentent les nourrissons dans la première année.

8.1.3 Développement de la formation de catégories d'âge

L'étude 6 nous a permis d'étudier le développement de la formation de catégories d'âge chez les nourrissons de 9 et 12 mois. Si les deux groupes d'âges ont formé des catégories discrètes des visages d'adultes et de nourrissons, seuls les nourrissons de 12 mois ont montré la même capacité face au contraste enfant/nourrisson. Les nourrissons de 9 mois ont en revanche présenté un pattern de catégorisation asymétrique, préférant les visages de nourrissons après familiarisation avec des visages d'enfants, mais ne montrant pas de préférence pour des visages d'enfants après familiarisation avec des visages de nourrissons. Nous avons évoqué la possibilité que cette asymétrie soit due à un appui sur la représentation des visages d'adultes, biaisant la formation des catégories de nourrissons ou d'enfants en direction d'un visage d'adulte (Etude 6).

Bien que non évoquée dans l'article, une autre hypothèse liée à l'expérience perceptive avec les visages de nourrissons est envisageable pour comprendre cette asymétrie. La formation de catégories perceptives chez le nourrisson est fortement influencée par la variabilité des exemplaires des catégories contrastées d'une part, et par la connaissance que possède le nourrisson des catégories présentées d'autre part. Une asymétrie classique est celle reportée pour les catégories perceptives d'images de chiens et de chats (Quinn, Eimas, & Rosenkrantz, 1993). Les nourrissons familiarisés avec des images de chats ont par la suite présenté une préférence pour une image de chien présenté en test par rapport à un nouveau chat. Dans le cas de familiarisation avec des images de chiens par contre, les nourrissons n'ont pas montré de préférence pour une image de chat opposée à un nouveau chien en test. Les auteurs ont suggéré que la plus grande variabilité des images de chiens en regard des images de chats pouvait rendre compte de ce résultat. De fait, l'asymétrie disparaissait lorsque l'échantillon d'images de chiens était choisi de telle manière que la variabilité des exemplaires était similaire à celle des images de chats (Quinn et al., 1993). En effet, si la distribution des valeurs des caractéristiques des images de chats est incluse dans la distribution des valeurs des images de chiens, un chat est alors un chien plausible, mais la réciproque n'est pas vraie. Cette explication en termes de variabilité de distribution des

caractéristiques des stimuli de familiarisation s'est trouvée confortée par la réplication de cette asymétrie par des réseaux connexionnistes (French, Mareschal, Mermillod, & Quinn, 2004; Mareschal et al., 2000; Mareschal, Quinn, & French, 2002), dont les représentations internes sont uniquement issues de la variabilité des entrées reçues en apprentissage. Ici, il s'agit d'un apprentissage *au cours de la tâche*, certes basé sur le fonctionnement du système perceptif des nourrissons, mais sans référence à une quelconque connaissance antérieure des catégories présentées en familiarisation.

Toutes les asymétries ne sont pourtant pas explicables par des différences de variabilité intra-catégorielle des exemplaires. Outre les asymétries liées à une préférence pour l'une des catégories (e.g., catégorisation du genre, Quinn et al., 2002), les nourrissons présentent parfois des asymétries qu'il n'est pas évident de lier à des différences de variabilité des exemplaires. Ainsi, Quinn et Eimas (1998) ont rapporté que les nourrissons formaient des catégories pour les humains qui incluaient des chevaux ou des chats, alors qu'ils forment par ailleurs des catégories de ces animaux qui excluent un nouvel humain. Ce pattern n'étant pas plus lié à une préférence spontanée pour les humains¹⁰ qu'à une différence de variabilité intra-catégorielle, les auteurs ont spéculé que ce comportement découlerait plutôt de la plus grande connaissance qu'avaient les nourrissons de la catégorie des humains. La représentation des humains bénéficiant d'une expérience perceptive antérieure, celle-ci aura un espace de représentation plus grand formant un « attracteur perceptif », permettant l'inclusion d'autres animaux si tant est qu'ils possèdent des caractéristiques communes avec les humains (e.g., jambes, tête, etc.). La formation des catégories d'animaux conduira à une représentation bien plus limitée, d'un espace plus restreint ne permettant pas l'inclusion d'un humain (Quinn & Eimas, 1998). De façon intéressante, cette asymétrie n'était pas modélisable par un réseau connexionniste semblable à celui utilisé pour modéliser l'asymétrie chien/chat (Mermillod, French, Quinn, & Mareschal, 2004), ce dernier présentant pour le contraste humain/non humain un pattern de catégorisation symétrique. Cependant, lorsqu'une composante de mémoire à long terme modélisant l'expérience antérieure avec la catégorie des humains fut ajoutée au réseau (i.e., un second réseau préalablement entraîné avec des humains),

¹⁰ Quoiqu'on ait pu s'attendre à une préférence pour les humains, Quinn et Eimas (1998) pointent le fait que les stimuli ne sont pas composés uniquement du visage des humains mais du corps entier, ce qui a pu contribuer à l'absence de préférence dans ce cas précis.

l'asymétrie réapparut. Aussi, ce pattern pourrait refléter un phénomène plus large tenant aux propriétés du système cognitif face à des catégories différant en fréquence durant l'apprentissage. Rogers et McClelland (2004) ont montré par le biais de simulations connexionnistes qu'en faisant varier la fréquence d'apparition d'exemplaires d'une catégorie, on voyait apparaître une tendance à généraliser le nom de la catégorie surreprésentée à des exemplaire de catégories moins fréquentes (e.g., le terme « chien » était donné pour des chèvres et dans une moindre mesure à des moineaux mais pas à des arbres, Rogers et McClelland, 2004, p. 119). Ce phénomène se produit tôt au cours de l'apprentissage et s'estompe par la suite, comme s'il reflétait une forme immature de catégorisation. De façon cruciale, il n'apparaît que dans le cas où l'on impose une différence de fréquence d'apparition des exemplaires des catégories d'apprentissage et le réseau tend uniquement à généraliser le nom de la catégorie la plus fréquente aux exemplaires d'autres catégories. Les auteurs ont de plus pu montrer que l'espace de représentation de la catégorie la plus fréquente était effectivement plus important que celui d'autres catégories : la distance euclidienne moyenne séparant les exemplaires de la catégorie fréquente augmentait avec l'expérience par rapport à celle séparant les exemplaires des autres catégories.

Si l'on transpose ces résultats aux données de l'étude 6, on peut envisager que l'asymétrie dans la catégorisation des visages de nourrissons et d'enfants présentée par les nourrissons de 9 mois reflète un mécanisme similaire. Les nourrissons de cet échantillon allant à la crèche, ceux-ci ont une certaine connaissance des visages de nourrissons et la représentation de ces visages pourrait ainsi être plus large que celle des visages d'enfants. En conséquence, la catégorie des nourrissons aurait tendance à « attirer » un visage d'enfant, alors que la catégorie des visages d'enfants, plus restreinte, exclurait un visage de nourrisson. A 12 mois, cette tendance disparaît, indiquant un affinage de la formation des catégories avec l'âge et l'expérience – quoique l'on observe toujours une légère différence de taille d'effet entre les deux conditions (Table 4). Notons que cette interprétation pourrait aussi s'appliquer au développement de la catégorisation du type de visage. En effet, si Anzures et al. (2010) expliquaient le pattern asymétrique des nourrissons de 6 mois (i.e., formation de catégories des visages européens incluant les visages asiatiques, et de catégories des visages asiatiques excluant les visages européens) par une préférence pour les visages de type familier, des travaux ultérieurs ont montré que cette préférence était plutôt faible à cet âge (Liu, Xiao, Xiao, et al., 2015). Toutefois, même sans préférence spontanée, la connaissance des visages de type familier pourrait malgré tout agir comme attracteur perceptif envers cette catégorie de

la même manière que la catégorie des humains dans le contraste humain/non humain (Mermillod et al., 2004; Quinn & Eimas, 1998) ou la catégorie des nourrissons dans le contraste enfant/nourrisson (Etude 6). Cette forme de catégorisation disparaît ensuite au profit d'un pattern plus symétrique à 9 mois (Anzures et al., 2010), tout comme nous l'avons observé dans l'étude 6 à 12 mois pour le contraste enfant/nourrisson.

8.1.4 Reconnaissance ou catégorisation ?

Cette interprétation de l'asymétrie en termes d'extension de l'espace de représentation de la catégorie la plus fréquemment rencontrée rappelle singulièrement l'interprétation des préférences en tant que potentielles fausses reconnaissances d'individus familiers (étude 1 et 2). Dans le premier cas, la catégorie familière agit comme un attracteur perceptif qui attire des exemplaires d'autres catégories moins familières mais perceptivement proches. Dans le second cas, des visages d'inconnus ayant des caractéristiques communes avec des visages familiers sont préférés par rapport à d'autres visages, dépourvus de ces mêmes caractéristiques.

Nous avons envisagé que ces préférences reflètent de fausses reconnaissances des visages familiers dont les nourrissons font quotidiennement l'expérience. Ces fausses reconnaissances seraient liées à la taille des régions d'identité des visages familiers dans le *face-space* des nourrissons, celles-ci étant suffisamment larges pour inclure certains visages d'inconnus. D'une certaine manière, les régions d'identité correspondant aux individus familiers vont également fonctionner comme des attracteurs perceptifs, et attirer à elles d'autres visages. De la même façon que les asymétries de catégorisation reflètent une forme immature de catégorisation (Mermillod et al., 2004; Quinn & Eimas, 1998; Rogers & McClelland, 2004), ces préférences de familiarité pourraient suggérer une certaine immaturité de la reconnaissance des individus familiers. Il faut d'ailleurs remarquer qu'un modèle de catégorisation peut tout à fait fonctionner comme un modèle de reconnaissance des visages pour peu que l'on considère chaque visage comme sa propre catégorie (M. B. Lewis, 2004). Ce dernier point n'est pas absurde puisqu'un même visage va varier sur de nombreuses caractéristiques (orientation, coupe de cheveux, expression, etc.) et pourtant toujours avoir la même identité. Apprendre à connaître la frontière d'identité d'un visage reviendrait alors à apprendre à grouper toutes les variations d'un même visage dans une seule catégorie, qui formera l'identité de ce visage. En somme, les préférences pour les visages d'adultes et les surgénéralisations catégorielles pourraient être vues comme des phénomènes similaires mais

se produisant à différents niveaux de représentation : niveau de la catégorie « identité » ou niveau de la catégorie « visage d'adulte ».

Appliquée à la reconnaissance des frères et sœurs, cette interprétation implique que l'on observe une préférence générale pour les visages d'enfants chez les nourrissons ayant des frères et sœurs plus âgés, ce qui n'a pas été le cas. Nous avons au contraire trouvé une préférence pour les visages de nourrissons, hormis dans le cas où furent présentés les vrais visages des frères et sœurs des nourrissons et ce uniquement à 12 mois (Etude 4, groupe expérimental). Si les nourrissons avaient des régions d'identité plus grandes pour ces visages comme supposé pour le visage des parents, elles auraient pu inclure de nouveaux visages d'enfants et conduire également à de fausses reconnaissances. Il faut noter que nous faisons ici implicitement l'hypothèse que si les nourrissons reconnaissent les visages en question, ils présenteront une préférence visuelle pour ceux-ci. Néanmoins, il n'y a pas de nécessité comportementale dans le lien entre reconnaissance et préférence : on peut avoir l'une sans l'autre. La présence d'une préférence n'autorise d'ailleurs qu'une inférence de reconnaissance. Nous touchons là un point d'achoppement de la méthode de préférence visuelle, puisqu'en l'absence de rapport verbal seul un biais systématique et spontané¹¹ pour un visage peut nous indiquer que ce visage possède un statut particulier pour le nourrisson. L'évaluation purement comportementale de la reconnaissance de visages potentiellement stockés en mémoire à long terme chez le nourrisson en est de fait limitée. On remarquera à ce propos que la préférence pour le visage de la mère mise à part, les travaux portant sur la reconnaissance d'individus familiers sont rares et peu concluants (Ward & Cooper, 1999). En conséquence, nous ne pouvons être affirmatifs quant à la capacité des nourrissons à reconnaître ou non les visages des frères et sœurs sur la seule base des résultats de l'étude 4 – du moins entre 3 et 9 mois. A 12 mois en revanche, la préférence pour les visages des frères et sœurs suggère que les nourrissons reconnaissent ces visages. Pour autant, les nourrissons de cet âge ne généralisent pas cette préférence à des visages d'enfants inconnus (Etude 4, groupe contrôle), ce qui laisse penser qu'ils ne commettent pas de fausses reconnaissances. En rapprochant ces résultats des travaux de Humphreys et Johnson (2007) qui ont montré que les

¹¹ Il est possible de créer un biais systématique pour un visage par habitude, mais il ne s'agira pas là d'un biais reflétant une connaissance que le nourrisson « apporte » au laboratoire, mais d'un biais temporaire créé expérimentalement.

régions d'identité des nourrissons s'affinaient avec l'âge, on retrouve l'idée selon laquelle les préférences spontanées liées à l'âge (étude 1 et 2), au genre (Liu, Xiao, Quinn, et al., 2015; Quinn et al., 2002; Quinn, Uttley, et al., 2008) ou au type (Kelly et al., 2005; Kelly, Liu, et al., 2007; Liu, Xiao, Xiao, et al., 2015) pourraient n'être qu'une singularité des nourrissons les plus jeunes, due à la relative imprécision des frontières des régions d'identité. Si tel est le cas, l'absence de préférence visuelle pour les visages d'enfants non familiers chez les nourrissons de 3 et 6 mois qui ont des frères et sœurs plus âgés pourrait être conçue comme une preuve indirecte que ceux-ci ne reconnaissent pas les visages de ces derniers. En effet, si ces nourrissons ont une représentation de ces visages suffisante pour provoquer une reconnaissance, on devrait s'attendre à trouver également un biais général pour des visages d'enfants non familiers, puisque les nourrissons de cet âge ont des frontières d'identité plus larges. Les résultats de l'étude 4 montrent pourtant qu'il n'en va pas ainsi, les nourrissons présentant plutôt une préférence pour les visages de nourrissons.

8.1.5 Limitations, perspectives et ouvertures

Les conclusions que l'on peut tirer d'une situation de test en laboratoire se veulent généralistes, cependant le caractère artificiel de la situation incite à une certaine prudence dans l'inférence. Il est évident que dans le quotidien des nourrissons, les visages ne vont pas se présenter sans être rattaché à un corps, flotter fixement de face devant les nourrissons pendant quelques secondes pour disparaître ensuite. Les visages que perçoivent les nourrissons sont en réalité généralement accompagnés d'une multitude d'indices de différentes modalités sensorielles (e.g., indices olfactifs, auditifs, etc.) qui font défaut lors d'une présentation en modalité visuelle seule. Le mouvement du visage à lui seul peut faciliter le traitement des visages (Otsuka et al., 2009; Otsuka, Hill, Kanazawa, Yamaguchi, & Spehar, 2012; pour une revue, voir Xiao et al., 2014), et il faut reconnaître qu'un visage est rarement totalement fixe – surtout lorsqu'il s'agit d'une personne qui essaie d'interagir avec un nourrisson. La nécessité de l'approche expérimentale d'isoler tant que possible des variables a pour conséquence de rendre la tâche que doivent réaliser les nourrissons sans doute plus complexe qu'elle ne l'est en réalité. Aussi devrions-nous mettre un bémol aux interprétations, et garder à l'esprit que les nourrissons ont effectué une tâche en modalité visuelle seule, et avec un mode de présentation des visages somme toute peu écologique.

Il faut noter à ce propos qu'on peut se demander dans quelle mesure les catégories formées aux cours d'une tâche de catégorisation telle que nous l'avons réalisé (Etude 6)

correspondent aux catégories que les nourrissons forment « de façon naturelle », dans leur environnement quotidien. Les résultats obtenus à l'aide de protocoles de préférences visuelles indiquent que les nourrissons peuvent extraire une certaine invariance des différents stimuli qui leur sont présentés, et former des catégories perceptives sur cette seule base. Les choses sont toutefois très différentes hors du laboratoire, où les nourrissons ne voient typiquement qu'un exemplaire d'une catégorie à la fois (e.g., le visage d'un frère ou d'une sœur comme exemplaire de la catégorie « enfant ») et où la dimension sociale de l'interaction avec le visage n'a rien de comparable. Ce point est loin d'être trivial et participe très probablement à la qualité de l'apprentissage des visages des nourrissons et à la formation des préférences visuelles. A titre d'exemple, on peut noter que le biais typique observé pour le visage de la mère n'est pas observé chez les nourrissons dont la mère souffre de dépression, probablement du fait de perturbations dans l'interaction mère/enfant (R. Jones, Slade, Pascalis, & Herbert, 2013; Taylor, Slade, & Herbert, 2014). Aussi, il n'est pas de réponse évidente à la question de savoir quel statut va avoir cet exemplaire de visage pour les nourrissons.

Par ailleurs, il faut faire la distinction entre le fait de former une catégorie perceptive au cours d'une expérience et le fait de « posséder » une catégorie (Quinn, 2002). Les nourrissons ayant formé des catégories de nourrissons et d'enfants durant notre étude ne quittent pas le laboratoire en possédant ces catégories dans leur tête. En revanche, le même mécanisme qui les a conduits à former ces catégories est probablement également à l'œuvre lorsque ceux-ci vont rencontrer des visages de nourrissons ou d'enfants (Quinn, 2008).

8.1.5.1 Typicalité

L'existence de préférences pour les visages proches du prototype chez les nourrissons humains (Etude 7a) et macaques (Etude 7b) plaide pour l'existence d'un mécanisme conduisant à des préférences visuelles qui serait commun aux deux espèces. Il pourrait s'agir d'un mécanisme général du traitement de l'information, liant fluence perceptive, familiarité et préférences visuelles, et peut-être non spécifique aux visages. Le partage d'un tel mécanisme avec d'autres primates non humains en suggère l'ancrage dans notre passé évolutif, et à probablement à voir avec le fonctionnement de la mémoire (Whittlesea, 1993, 2002). Il existe de bonnes présomptions qu'un tel mécanisme soit à l'œuvre chez l'adulte humain (Reber et al., 2004; Trujillo et al., 2014; Whittlesea et al., 1990; Whittlesea, 1993; Winkielman & Cacioppo, 2001), mais sa mise en évidence chez d'autres primates reste à démontrer. Répondre à cette question nécessiterait de montrer que ces effets ne sont pas limités à la

perception des visages et peuvent s'étendre à d'autres classes de stimuli, ce que les travaux présentés ici ne permettent pas de déterminer.

8.1.5.2 Préférences pour les visages d'adultes

La mise en évidence d'un biais pour les visages d'adultes de type familier (étude 1 et 2) appelle à être répliqué, et il serait intéressant de choisir pour cela une population de nourrissons différente. Une réplication de cet effet avec des nourrissons chinois présenterait par exemple le double avantage de montrer la généralité de cette préférence tout en fournissant l'assurance que l'absence de préférence pour les visages de type non familier observée dans notre étude n'était pas due à une particularité des visages asiatiques.

8.1.5.3 Catégorisation

Savoir de quelle manière la formation des catégories est influencée par les connaissances que peuvent avoir acquis les nourrissons avant d'arriver au laboratoire demeure une question activement débattue (Anzures et al., 2010; Mareschal & Quinn, 2001; Quinn et al., 2015, 2002; Quinn, 2002, 2011), et qui se pose essentiellement lorsque l'on considère la catégorisation de stimuli à caractères sociaux tels que des visages humains.

Les résultats de l'étude de catégorisation (étude 6) ont montré une asymétrie chez les nourrissons de 9 mois, ceux-ci formant des catégories de visages d'enfants excluant un nouveau visage de nourrisson, et des catégories de visages de nourrissons englobant un nouveau visage d'enfant. Nous avons proposé qu'il s'agisse là d'un effet de la connaissance en mémoire à long terme de la catégorie des nourrissons, augmentant la taille de l'espace de représentation de cette catégorie, de manière similaire à ce qui a été rapporté pour la catégorisation humain/non humain (Quinn & Eimas, 1998). Il pourrait s'agir là d'un phénomène d'apprentissage tout à fait général, puisqu'un pattern asymétrique similaire est trouvé tant pour le développement de la catégorisation du type de visage (Anzures et al., 2010) que celui du genre (Leinbach & Fagot, 1993; Quinn et al., 2002; Younger & Fearing, 1999). Dès lors, on pourrait envisager trouver une asymétrie semblable lors de la formation des catégories de visages d'adultes et de nourrissons. L'étude 6 montre que les nourrissons de 9 mois forment déjà des catégories discrètes d'adultes et de nourrissons, aussi faudrait-il tester les nourrissons à un plus jeune âge, comme 6 mois, voire 3 mois. On pourrait s'attendre alors à voir les nourrissons former des catégories de visages d'adultes incluant de nouveaux visages de nourrissons et des catégories des visages de nourrissons excluant de nouveaux visages

d'adultes. Evidemment, l'existence d'une préférence spontanée pour les visages d'adultes (étude 2) conduit à une prédiction d'asymétrie similaire. Il est délicat de séparer les effets d'une telle préférence spontanée d'un effet dû à la taille de l'espace de la représentation des visages d'adultes. Le couplage avec une simulation connexionniste serait ici une manière de montrer « qu'en principe » une telle asymétrie peut apparaître dans ces conditions d'apprentissage (i.e., une fréquence d'apparition des visages d'adultes plus élevée que celle des visages de nourrissons) sans même l'existence d'une préférence spontanée. En effet, il a pu être montré que ce type de comportement peut être simulé à l'aide de réseaux connexionnistes auxquels on adjoint une composante de mémoire à long terme (Mermillod et al., 2004). On pourrait d'ailleurs envisager de retrouver ce pattern lors de l'apprentissage d'autres catégories de visages dont la fréquence d'apparition est asymétrique, tel que le genre ou le type de visage. On s'attendrait à trouver une asymétrie en faveur de la catégorie pour laquelle le réseau posséderait une connaissance antérieure. La catégorie familière serait plus inclusive que la catégorie non familière et devrait inclure des exemplaires nouveaux de cette dernière catégorie, alors que la catégorie non familière exclurait de nouveaux visages de la catégorie familière.

Si ce phénomène s'avère systématique, la mise en évidence d'une asymétrie lors d'une tâche de catégorisation pourrait être considérée comme un marqueur de la connaissance en mémoire à long terme de la catégorie la plus inclusive – une fois écartée la possibilité de différences de variabilité intra-catégorielle ou de préférences spontanées.

Conclusion

Pour résumer, les travaux présentés ici constituent un effort pour intégrer les préférences visuelles des nourrissons au cours de la première année de vie dans un cadre théorique, le *face-space*. Globalement, nos résultats suggèrent (i) que les préférences sont liées à la structure de l'espace de représentation des visages, elle-même étant largement déterminée par l'expérience perceptive des nourrissons, (ii) que ces préférences sont plus typiques des nourrissons jeunes et pourraient être dues à de fausses reconnaissances des visages des proches, et (iii) que l'un des mécanismes responsable des préférences pour les visages est suffisamment général pour être retrouvé chez des primates non-humains.

Références

- Alley, T., & Cunningham, M. (1991). Averaged faces are attractive, but very attractive faces are not average. *Psychological Science*, 123–126. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/40062652>
- Allison, T., McCarthy, G., Nobre, A., Puce, A., & Belger, A. (1994). Human extrastriate visual cortex and the perception of faces, words, numbers, and colors. *Cerebral Cortex*, 4, 544–554. doi:10.1093/cercor/4.5.544
- Allison, T., Puce, A., Spencer, D. D., & McCarthy, G. (1999). Electrophysiological studies of human face perception. I: Potentials generated in occipitotemporal cortex by face and non-face stimuli. *Cerebral Cortex*, 9, 415–430. doi:10.1093/cercor/9.5.415
- Anastasi, J. S., & Rhodes, M. G. (2005). An own-age bias in face recognition for children and older adults. *Psychonomic Bulletin & Review*, 12, 1043–1047. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16615326>
- Anzures, G., Quinn, P. C., Pascalis, O., Slater, A. M., & Lee, K. (2010). Categorization, categorical perception, and asymmetry in infants' representation of face race. *Developmental Science*, 13, 553–564. doi:10.1111/j.1467-7687.2009.00900.x.
- Anzures, G., Wheeler, A., Quinn, P. C., Pascalis, O., Slater, A. M., Heron-Delaney, M., ... Lee, K. (2012). Brief daily exposures to Asian females reverses perceptual narrowing for Asian faces in Caucasian infants. *Journal of Experimental Child Psychology*, 112, 484–495. doi:10.1016/j.jecp.2012.04.005
- Archer, J., & Monton, S. (2011). Preferences for infant facial features in pet dogs and cats. *Ethology*, 117, 217–226. doi:10.1111/j.1439-0310.2010.01863.x
- Aurenhammer, F. (1991). Voronoi diagrams — A survey of a fundamental data structure. *ACM Computing Surveys*, 23, 345–405. doi:10.1145/116873.116880
- Balas, B. J. (2012). Bayesian face recognition and perceptual narrowing in face-space. *Developmental Science*, 15, 579–588. doi:10.1111/j.1467-7687.2012.01154.x
- Balas, B. J., Nelson, C. a, Westerlund, A., Vogel-Farley, V., Riggins, T., & Kuefner, D. (2010). Personal familiarity influences the processing of upright and inverted faces in infants. *Frontiers in Human Neuroscience*, 4(February), 1. doi:10.3389/neuro.09.001.2010
- Banks, M. S., & Salapatek, P. (1981). Infant pattern vision: a new approach based on the contrast sensitivity function. *Journal of Experimental Child Psychology*, 31, 1–45.

- Bar-Haim, Y., Ziv, T., Lamy, D., & Hodes, R. M. (2006). Nature and nurture in own-race face processing. *Psychological Science*, *17*, 159–163. doi:10.1111/j.1467-9280.2006.01679.x
- Bartlett, J. C., Hurry, S., & Thorley, W. (1984). Typicality and familiarity of faces. *Memory & Cognition*, *12*, 219–228. doi:10.3758/BF03197669
- Barton, J. J., Keenan, J. P., & Bass, T. (2001). Discrimination of spatial relations and features in faces: effects of inversion and viewing duration. *British Journal of Psychology*, *92*, 527–549. doi:10.1348/000712601162329
- Batki, A., Baron-Cohen, S., Wheelwright, S., Connellan, J., & Ahluwalia, J. (2000). Is there an innate gaze module? Evidence from human neonates. *Infant Behavior and Development*, *23*, 223–229. doi:10.1016/S0163-6383(01)00037-6
- Baudouin, J.-Y., & Brochard, R. (2011). Gender-based prototype formation in face recognition. *Journal of Experimental Psychology. Learning, Memory, and Cognition*, *37*, 888–898. doi:10.1037/a0022963
- Baudouin, J.-Y., & Gallay, M. (2006). Is face distinctiveness gender based? *Journal of Experimental Psychology. Human Perception and Performance*, *32*, 789–798. doi:10.1037/0096-1523.32.4.789
- Baudouin, J.-Y., & Tiberghien, G. (2004). Symmetry, averageness, and feature size in the facial attractiveness of women. *Acta Psychologica*, *117*, 295–312. doi:10.1016/j.actpsy.2004.07.002
- Benson, P. J., & Perrett, D. I. (1991). *Perception and recognition of photographic quality facial caricatures: Implications for the recognition of natural images. European Journal of Cognitive Psychology* (Vol. 3). doi:10.1080/09541449108406222
- Benson, P. J., & Perrett, D. I. (1994). Visual processing of facial distinctiveness. *Perception*, *23*, 75–93. doi:10.1068/p230075
- Bentin, S., Allison, T., Puce, A., Perez, E., & McCarthy, G. (1996). Electrophysiological studies of face perception in humans. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *8*, 551–565. doi:10.1162/jocn.1996.8.6.551.Electrophysiological
- Bentin, S., Golland, Y., Flevaris, A., Robertson, L. C., & Moscovitch, M. (2006). Processing the trees and the forest during initial stages of face perception: Electrophysiological evidence. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *18*, 1406–1421. doi:10.1162/jocn.2006.18.8.1406
- Berkson, G., & Fitz-Gerald, F. L. (1963). Temporal sequence of eye fixations in the orienting response of infant chimpanzees. *Perceptual and Motor Skills*, *17*, 107–117. doi:10.2466/pms.1963.17.1.107
- Biederman, I. (1987). Recognition by components: A theory of human image understanding. *Psychological Review*, *94*, 115–117. doi:10.1037/0033-295X.94.2.115

- Bomba, P. C., & Siqueland, E. R. (1983). The nature and structure of infant form categories. *Journal of Experimental Child Psychology*, 35, 294–328. doi:10.1016/0022-0965(83)90085-1
- Boothe, R., Dobson, V., & Teller, D. (1985). Postnatal development of vision in human and nonhuman primates. *Annual Review of Neuroscience*, 8, 495–545. Retrieved from <http://www.annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annurev.ne.08.030185.002431>
- Borgi, M., Cogliati-Dezza, I., Brelsford, V., Meints, K., & Cirulli, F. (2014). Baby schema in human and animal faces induces cuteness perception and gaze allocation in children. *Frontiers in Psychology*, 5(MAY), 1–13. doi:10.3389/fpsyg.2014.00411
- Bornstein, R. F. (1989). Exposure and Affect : Overview and Meta-Analysis. *Psychological Bulletin*, 106, 265–289.
- Boutet, I., Collin, C., & Faubert, J. (2003). Configural face encoding and spatial frequency information. *Perception & Psychophysics*, 65, 1078–1093. doi:10.3758/BF03194835
- Brants, M., Wagemans, J., & Op de Beeck, H. P. (2011). Activation of fusiform face area by greebles is related to face similarity but not expertise. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 23, 3949–3958. doi:10.1162/jocn_a_00072
- Brosch, T., Sander, D., Pourtois, G., & Scherer, K. R. (2008). Rapid spatial orienting toward positive emotional stimuli. *Psychological Science*, 19, 362–370.
- Brosch, T., Sander, D., & Scherer, K. R. (2007). That baby caught my eye... attention capture by infant faces. *Emotion*, 7, 685–689. doi:10.1037/1528-3542.7.3.685
- Brown, A., Robinson, A., Herbert, J. S., & Pascalis, O. (2006). Age and emotional salience of stimuli alter the expression of visual recognition memory. *Current Psychology Letters. Behaviour, Brain & Cognition*, 3.
- Bruce, C. (1982). Face recognition by monkeys: Absence of an inversion effect. *Neuropsychologia*, 20, 515–521. doi:10.1016/0028-3932(82)90025-2
- Bruce, V., Burton, A. M., & Dench, N. (1994). What's distinctive about a distinctive face? *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 47, 119–141. doi:10.1080/14640749408401146
- Bruce, V., Burton, A. M., Doyle, T., & Dench, N. (1989). Further experiments on the perception of growth in three dimensions. *Perception & Psychophysics*, 46, 528–536. doi:10.3758/BF03208149
- Bruce, V., Doyle, T., Dench, N., & Burton, A. M. (1991). Remembering facial configurations. *Cognition*, 38, 109–144. doi:10.1016/0010-0277(91)90049-A
- Bruce, V., & Young, A. W. (1986). Understanding face recognition. *British Journal of Psychology*, 3, 305–327.
- Bruce, V., & Young, A. W. (2012). *Face perception*. Psychology Press.

- Bukach, C. M., Gauthier, I., & Tarr, M. J. (2006). Beyond faces and modularity: the power of an expertise framework. *Trends in Cognitive Sciences*, 10(4), 159–166. doi:10.1016/j.tics.2006.02.004
- Burt, D. M., & Perrett, D. I. (1995). Perception of age in adult Caucasian male faces: computer graphic manipulation of shape and colour information. *Proceedings. Biological Sciences / The Royal Society*, 259, 137–143. doi:10.1098/rspb.1995.0021
- Burton, A. M., Bruce, V., & Dench, N. (1993). What's the difference between men and women? Evidence from facial measurement. *Perception*, 22, 153–176. doi:10.1068/p220153
- Burton, A. M., & Vokey, J. R. (1998). The face-space typicality paradox: understanding the face-space metaphor. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 51, 475–483. doi:10.1080/713755768
- Bushnell, I. W. R. (2001). Mother's face recognition in newborn infants: Learning and memory. *Infant and Child Development*, 10, 67–74. doi:10.1002/icd.248
- Bushnell, I. W. R. (2003). Newborn face recognition. In O. Pascalis & A. M. Slater (Eds.), *The development of face processing in infancy and early childhood: Current perspectives* (pp. 41–53). Huntington, NY: Nova Science Publishers.
- Bushnell, I. W. R., Sai, F., & Mullin, J. T. (1989). Neonatal recognition of the mother's face. *British Journal of Developmental Psychology*, 7, 3–15.
- Byatt, G., & Rhodes, G. (2004). Identification of own-race and other-race faces: implications for the representation of race in face space. *Psychonomic Bulletin & Review*, 11, 735–741. doi:10.3758/BF03196628
- Cabeza, R., Bruce, V., Kato, T., & Oda, M. (1999). The prototype effect in face recognition : Extension and limits. *Memory & Cognition*, 27, 139–151.
- Caldara, R., & Abdi, H. (2006). Simulating the “other-race” effect with autoassociative neural networks: further evidence in favor of the face-space model. *Perception*, 35, 659–670.
- Caldara, R., Rossion, B., Bovet, P., & Hauert, C.-A. (2004). Event-related potentials and time course of the “other-race” face classification advantage. *Neuroreport*, 15, 487–491. doi:10.1097/01.wnr.00001
- Carey, S. (1992). Becoming a face expert. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. B: Biological Sciences*, 335, 95–102. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1348143>
- Carey, S., & Diamond, R. (1977). From piecemeal to configurational representation of faces. *Science*, 195, 312–314. doi:10.1126/science.831281
- Carey, S., Diamond, R., & Woods, B. (1980). Development of face recognition: A maturational component? *Developmental Psychology*, 16, 257–269. doi:10.1037/0012-1649.16.4.257

- Caron, R. F., & Caron, A. J. (1969). Degree of stimulus complexity and habituation of visual fixation in infants. *Psychonomic Science*, *10*, 207–208.
- Cernoch, J. M., & Porter, R. H. (1985). Recognition of maternal axillary odors by infants. *Child Development*, *56*, 1593–1598. doi:10.1111/j.1467-8624.1985.tb00224.x
- Chiroro, P., & Valentine, T. (1995). An investigation of the contact hypothesis of the own-race bias in face recognition. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *48*, 879–894. doi:10.1080/14640749508401421
- Civan, A., Teller, D. Y., & Palmer, J. (2004). Relations among spontaneous preferences, familiarized preferences, and novelty effects: measurements with forced-choice techniques. *Infancy*, *7*, 111–142. doi:10.1207/s15327078in0702_1
- Clancy, B., Darlington, R. B., & Finlay, B. L. (2001). Translating developmental time across mammalian species. *Neuroscience*, *105*, 7–17. doi:10.1016/S0306-4522(01)00171-3
- Cohen, L. B. (2004). Uses and misuses of habituation and related preference paradigms. *Infant and Child Development*, *13*, 349–352. doi:10.1002/icd.355
- Cohen, L. B., & Cashon, C. H. (2001). Do 7-month-old infants process independent features or facial configurations? *Infant and Child Development*, *10*, 83–92. doi:10.1002/icd.250
- Cohen, L. B., DeLoache, J. S., & Rissman, M. W. (1975). The effect of stimulus complexity on infant visual attention and habituation. *Child Development*, *46*, 611–617. doi:10.2307/1128557
- Colombo, J., & Mitchell, D. W. (2009). Infant visual habituation. *Neurobiology of Learning and Memory*, *92*, 225–234. doi:10.1016/j.nlm.2008.06.002
- Corneille, O., Monin, B., & Pleyers, G. (2005). Is positivity a cue or a response option? Warm glow vs evaluative matching in the familiarity for attractive and not-so-attractive faces. *Journal of Experimental Social Psychology*, *41*, 431–437. doi:10.1016/j.jesp.2004.08.004
- Courage, M. L., & Adams, R. J. (1990). Visual acuity assessment from birth to three years using the acuity card procedure: Cross-sectional and longitudinal samples. *Optometry and Vision Science*, *67*, 713–718.
- Craw, I. (1995). A manifold model of face and object recognition. In T. Valentine (Ed.), *Cognitive and computational aspects of face recognition: Explorations in face space* (pp. 183–203). London: Routledge.
- Crookes, K., & Hayward, W. G. (2012). Face inversion disproportionately disrupts sensitivity to vertical over horizontal changes in eye position. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *38*, 1428–1437. doi:10.1037/a0027943
- Cunningham, M. R. (1986). Measuring the physical in physical attractiveness: Quasi-experiments on the sociobiology of female facial beauty. *Journal of Personality and Social Psychology*, *50*, 925–935. doi:10.1037/0022-3514.50.5.925

- Cunningham, M. R., Roberts, A. R., Barbee, A. P., Druen, P. B., & Wu, C.-H. (1995). Their ideas of beauty are, on the whole, the same as ours: Consistency and variability in the cross-cultural perception of female physical attractiveness. *Journal of Personality and Social Psychology*, 68, 261–279. doi:10.1037/0022-3514.68.2.261
- Dahl, C. D., Logothetis, N. K., & Hoffman, K. L. (2007). Individuation and holistic processing of faces in rhesus monkeys. *Proceedings. Biological Sciences / The Royal Society*, 274(1622), 2069–2076. doi:10.1098/rspb.2007.0477
- Dahl, C. D., Rasch, M. J., Tomonaga, M., & Adachi, I. (2013). The face inversion effect in non-human primates revisited - an investigation in chimpanzees (*Pan troglodytes*). *Scientific Reports*, 3, 2504. doi:10.1038/srep02504
- Dahl, C. D., Wallraven, C., Bülthoff, H. H., & Logothetis, N. K. (2009). Humans and macaques employ similar face-processing strategies. *Current Biology*, 19, 509–513. doi:10.1016/j.cub.2009.01.061
- Damasio, A. R., Damasio, H., & Van Hoesen, G. W. (1982). Prosopagnosia: anatomic basis and behavioral mechanisms. *Neurology*, 32, 331–341. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7199655>
- Damon, F., Bayet, L., Quinn, P. C., Hillairet de Boisferon, A., Méary, D., Dupierriex, E., ... Pascalis, O. (2015). Can human eyes prevent perceptual narrowing for monkey faces in human infants? *Developmental Psychobiology*, 57, 637–642. doi:10.1002/dev.21319
- De Haan, M., Humphreys, K., & Johnson, M. H. (2002). Developing a brain specialized for face perception: a converging methods approach. *Developmental Psychobiology*, 40, 200–212. doi:10.1002/dev.10027
- De Haan, M., Johnson, M. H., Maurer, D., & Perrett, D. I. (2001). Recognition of individual faces and average face prototypes by 1-and 3-month-old infants. *Cognitive Development*, 16, 659–678. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S088520140100051X>
- De Heering, A., & Rossion, B. (2008). Prolonged visual experience in adulthood modulates holistic face perception. *PloS One*, 3(5), e2317. doi:10.1371/journal.pone.0002317
- DeBruine, L. M., Jones, B. C., Unger, L., Little, A. C., & Feinberg, D. R. (2007). Dissociating averageness and attractiveness: attractive faces are not always average. *Journal of Experimental Psychology. Human Perception and Performance*, 33, 1420–1430. doi:10.1037/0096-1523.33.6.1420
- DeCasper, A. J., & Fifer, W. P. (1980). Of human bonding: newborns prefer their mothers' voices. *Science*. doi:10.1126/science.7375928
- Deruelle, C., & De Schonen, S. (1998). Do the right and left hemispheres attend to the same visuospatial information within a face in infancy? *Developmental Neuropsychology*, 14, 535–554. doi:10.1080/87565649809540727

- Di Giorgio, E., Leo, I., Pascalis, O., & Simion, F. (2012). Is the face-perception system human-specific at birth? *Developmental Psychology*, 48, 1083–1090. doi:10.1037/a0026521
- Diamond, R., & Carey, S. (1977). Developmental changes in the representation of faces. *Journal of Experimental Child Psychology*, 23, 1–22. doi:10.1016/0022-0965(77)90069-8
- Diamond, R., & Carey, S. (1986). Why faces are and are not special: an effect of expertise. *Journal of Experimental Psychology: General*, 115, 107–117. Retrieved from <http://psycnet.apa.org/journals/xge/115/2/107/>
- Dupierriex, E., Hillairet de Boisferon, A., Méary, D., Lee, K., Quinn, P. C., Di Giorgio, E., ... Pascalis, O. (2014). Preference for human eyes in human infants. *Journal of Experimental Child Psychology*, 123, 138–146. doi:10.1016/j.jecp.2013.12.010
- Ellis, H. D. (1992). The development of face processing skills. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. B: Biological Sciences*, 335, 105–111.
- Emery, N. J. (2000). The eyes have it : the neuroethology , function and evolution of social gaze. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 24, 581–604.
- Engbert, R., & Kliegl, R. (2003). Microsaccades uncover the orientation of covert attention. *Vision Research*, 43, 1035–1045. doi:10.1016/S0042-6989(03)00084-1
- Enlow, D. (1982). *The handbook of facial growth* (2nd ed.). London: W.B. Saunders.
- Enquist, M., & Arak, A. (1994). Symmetry, beauty and evolution. *Nature*, 372, 169–172. doi:10.1038/372169a0
- Enquist, M., & Johnstone, R. a. (1997). Generalization and the evolution of symmetry preferences. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 264, 1345–1348. doi:10.1098/rspb.1997.0186
- Fagan, J. I., & Singer, L. T. (1979). The role of simple feature differences in infants' recognition of faces. *Infant Behavior and Development*, 2, 39–45. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0163638379800065>
- Fair, J., Flom, R., Jones, J., & Martin, J. (2012). Perceptual learning: 12-month-olds' discrimination of monkey faces. *Child Development*, 83, 1996–2006. doi:10.1111/j.1467-8624.2012.01814.x
- Fantz, R. L. (1956). A method for studying early visual development. *Perceptual and Motor Skills*, 6, 13–15.
- Fantz, R. L. (1958a). Form preference in newly hatched chicks. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 50, 422–430.
- Fantz, R. L. (1958b). Pattern vision in young infants. *The Psychological Record*, 8, 43–47.

- Fantz, R. L. (1958c). Visual discrimination in a neonate chimpanzee. *Perceptual and Motor Skills*, 8, 59–66.
- Fantz, R. L. (1961). The origin of form perception. *Scientific American*, 204, 66–72. doi:10.1038/scientificamerican0561-66
- Fantz, R. L. (1963). Pattern Vision in Newborn Infants. *Science*, 140, 296–297. doi:10.1126/science.140.3564.296
- Fantz, R. L. (1964). Visual experience in infants: Decreased attention to familiar patterns relative to novel ones. *Science*, 146, 668–670.
- Farah, M. J. (1991). Cognitive neuropsychology: Patterns of co-occurrence among the associative agnosias: implications for visual object representation. *Cognitive Neuropsychology*, 8, 1–19. doi:10.1080/02643299108253364
- Farroni, T., Csibra, G., Simion, F., & Johnson, M. H. (2002). Eye contact detection in humans from birth. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 99, 9602–9605. doi:10.1073/pnas.152159999
- Farroni, T., Johnson, M. H., Menon, E., Zulian, L., Faraguna, D., & Csibra, G. (2005). Newborns' preference for face-relevant stimuli: effects of contrast polarity. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 102, 17245–17250. doi:10.1073/pnas.0502205102
- Feingold, G. A. (1914). The influence of environment on identification of persons and things. *Journal of the American Institute of Criminal Law and Criminology*, 5, 39–51. doi:10.2307/1133283
- Ferguson, K., Kulkofsky, S., Cashon, C., & Casasola, M. (2009). The development of specialized processing of own-race faces in infancy. *Infancy*, 14, 263–284. doi:10.1080/15250000902839369
- Field, T. M., Cohen, D., Garcia, R., & Greenberg, R. (1984). Mother-stranger face discrimination by the newborn. *Infant Behavior and Development*, 7, 19–25. doi:10.1016/S0163-6383(84)80019-3
- Flom, R. (2014). Perceptual narrowing: Retrospect and prospect. *Developmental Psychobiology*, 56, 1442–1453. doi:10.1002/dev.21238
- Fodor, J. A. (1983). *The Modularity of Mind*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Freire, A., Lee, K., & Symons, L. A. (2000). The face-inversion effect as a deficit in the encoding of configural information: Direct evidence. *Perception*, 29, 159–170. doi:10.1068/p3012
- Freiwald, W. A., Tsao, D. Y., & Livingstone, M. S. (2009). A face feature space in the macaque temporal lobe. *Nature Neuroscience*, 12, 1187–1196. doi:10.1038/nn.2363

- French, R. M., Mareschal, D., Mermillod, M., & Quinn, P. C. (2004). The role of bottom-up processing in perceptual categorization by 3- to 4-month-old infants: simulations and data. *Journal of Experimental Psychology. General*, 133, 382–397. doi:10.1037/0096-3445.133.3.382
- Fullard, W., & Reiling, A. M. (1976). An investigation of Lorenz 's "babyiness ." *Child Development*, 47, 1191–1193.
- Furl, N., Phillips, P. J., & O'Toole, A. J. (2002). Face recognition algorithms and the other-race effect: Computational mechanisms for a developmental contact hypothesis. *Cognitive Science*, 26, 797–815. doi:10.1016/S0364-0213(02)00084-8
- Galton, F. (1879). Composite portraits made by combining those of many different persons into a single figure. *Journal of the Anthropological Institute*, 8, 132–148.
- Garcia, C. M., & Ramirez, E. (2005). Evidence that sensory traps can evolve into honest signals. *Nature*, 434, 401–405. doi:10.1038/nature03351.1.
- Gauthier, I., McGugin, R. W., Gatenby, C., & Gore, J. C. (2012). High-resolution imaging of expertise reveals reliable object selectivity in the FFA related to perceptual performance. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 109, 17063–17068. doi:10.1167/12.9.1281
- Gauthier, I., Skudlarski, P., Gore, J. C., & Anderson, A. W. (2000). Expertise for cars and birds recruits brain areas involved in face recognition. *Nature Neuroscience*, 3, 191–197. doi:10.1038/72140
- Gauthier, I., & Tarr, M. J. (1997). Becoming a "Greeble" expert: Exploring mechanisms for face recognition. *Vision Research*, 37, 1673–1682.
- Gauthier, I., Tarr, M. J., Anderson, A. W., Skudlarski, P., & Gore, J. C. (1999). Activation of the middle fusiform "face area" increases with expertise in recognizing novel objects. *Nature Neuroscience*, 2, 568–573. doi:10.1038/9224
- Geldart, S., Maurer, D., & Carney, K. (1999). Effects of eye size on adults' aesthetic ratings of faces and 5-month-olds' looking times. *Perception*, 28, 361–374. doi:10.1068/p2885
- George, P. A., & Hole, G. J. (2000). The role of spatial and surface cues in the age-processing of unfamiliar faces. *Visual Cognition*, 7, 485–509. doi:10.1080/135062800394621
- Ghirlanda, S., Jansson, L., & Enquist, M. (2002). Chickens prefer beautiful humans. *Human Nature*, 13, 383–389.
- Glocker, M. L., Langleben, D. D., Ruparel, K., Loughhead, J. W., Gur, R. C., & Sachser, N. (2009). Baby schema in infant faces induces cuteness perception and motivation for caretaking in adults. *Ethology*, 115, 257–263. doi:10.1111/j.1439-0310.2008.01603.x
- Goffaux, V., & Rossion, B. (2007). Face inversion disproportionately impairs the perception of vertical but not horizontal relations between features. *Journal of Experimental Psychology. Human Perception and Performance*, 33, 995–1002. doi:10.1167/6.6.272

- Goldstein, A. G. (1979a). Facial feature variation: Anthropometric data II. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 13, 191–193.
- Goldstein, A. G. (1979b). Race-related variation of facial features: Anthropometric data I. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 13, 187–190.
- Goldstein, A. G., & Chance, J. E. (1980). Memory for faces and schema theory. *The Journal of Psychology*, 105, 47–59. doi:10.1080/00223980.1980.9915131
- Golle, J., Lisibach, S., Mast, F. W., & Lobmaier, J. S. (2013). Sweet puppies and cute babies: perceptual adaptation to babyfacedness transfers across species. *PloS One*, 8, e58248. doi:10.1371/journal.pone.0058248
- Goren, C. C., Sarty, M., & Wu, P. Y. K. (1975). Visual following and pattern discrimination of face-like stimuli by newborn infants. *Pediatrics*, 56, 544–549.
- Gothard, K. M., Erickson, C. A., & Amaral, D. G. (2004a). How do rhesus monkeys (*Macaca mulatta*) scan faces in a visual paired comparison task ? *Animal Cognition*, 7(1), 25–36. doi:10.1007/s10071-003-0179-6
- Gothard, K. M., Erickson, C. A., & Amaral, D. G. (2004b). How do rhesus monkeys (*Macaca mulatta*) scan faces in a visual paired comparison task? *Animal Cognition*, 7(1), 25–36. doi:10.1007/s10071-003-0179-6
- Gottlieb, G. (1976). Conceptions of prenatal development: behavioral embryology. *Psychological Review*, 83, 215–234. doi:10.1037/0033-295X.83.3.215
- Gottlieb, G. (1991a). Experiential canalization of behavioral development: Results. *Developmental Psychology*, 27, 4–13. doi:10.1037/0012-1649.27.1.4
- Gottlieb, G. (1991b). Experiential canalization of behavioral development: Theory. *Developmental Psychology*, 27, 4–13. doi:10.1037/0012-1649.27.1.4
- Gould, S. J., & Vrba, E. (1982). Exaptation - a missing term in the science of form. *Paleobiology*, 8, 4–15.
- Griffey, J. A. F., & Little, A. C. (2014). Infant's visual preferences for facial traits associated with adult attractiveness judgements: Data from eye-tracking. *Infant Behavior and Development*, 37, 268–275. doi:10.1016/j.infbeh.2014.03.001
- Grill-Spector, K., Knouf, N., & Kanwisher, N. (2004). The fusiform face area subserves face perception, not generic within-category identification. *Nature Neuroscience*, 7, 555–562. doi:10.1038/nn1224
- Gross, C. G., Rocha-Miranda, C. E., & Bender, D. B. (1972). Visual cortex properties of neurons in inferotemporal of the macaque. *Journal of Neurophysiology*, 35, 96–111.
- Groves, P. M., & Thompson, R. F. (1970). Habituation: a dual process theory. *Psychological Review*, 77, 419–450.

- Halberstadt, J., & Rhodes, G. (2000). The attractiveness of nonface averages: implications for an evolutionary explanation of the attractiveness of average faces. *Psychological Science*, 11, 285–289. doi:10.1111/1467-9280.00257
- Harrison, V., & Hole, G. J. (2009). Evidence for a contact-based explanation of the own-age bias in face recognition. *Psychonomic Bulletin & Review*, 16, 264–269. doi:10.3758/PBR.16.2.264
- Haxby, J. V., Gobbini, M. I., Furey, M. L., Ishai, A., Schouten, J. L., & Pietrini, P. (2001). Distributed and overlapping representations of faces and objects in ventral temporal cortex. *Science*, 293, 2425–2430. doi:10.1126/science.1063736
- Haxby, J. V., Hoffman, E. A., & Gobbini, M. I. (2000). The distributed human neural system for face perception. *Trends in Cognitive Sciences*, 4, 223–233. doi:10.1016/S1364-6613(00)01482-0
- Hayden, A., Bhatt, R. S., Joseph, J. E., & Tanaka, J. W. (2007). The other-race effect in infancy: Evidence using a morphing technique. *Infancy*, 12, 95–104. doi:10.1080/15250000701298923
- Hayden, A., Bhatt, R. S., Reed, A., Corbly, C. R., & Joseph, J. E. (2007). The development of expert face processing: Are infants sensitive to normal differences in second-order relational information? *Journal of Experimental Child Psychology*, 97, 85–98. doi:10.1016/j.jecp.2007.01.004
- Heron-Delaney, M., Anzures, G., Herbert, J. S., Quinn, P. C., Slater, A. M., Tanaka, J. W., ... Pascalis, O. (2011). Perceptual training prevents the emergence of the other-race effect during infancy. *PLoS ONE*, 6(5). doi:10.1371/journal.pone.0019858
- Heron-Delaney, M., Wirth, S., & Pascalis, O. (2011). Infants' knowledge of their own species. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. B: Biological Sciences*, 366, 1753–1763. doi:10.1098/rstb.2010.0371
- Hildebrandt, K. A., & Fitzgerald, H. E. (1979). Facial feature determinants of perceived infant attractiveness. *Infant Behavior and Development*, 2, 329–339. doi:10.1016/S0163-6383(79)80043-0
- Hills, P. J. (2012). A developmental study of the own-age face recognition bias in children. *Developmental Psychology*, 48, 499–508. doi:10.1037/a0026524
- Hills, P. J., Holland, A. M., & Lewis, M. B. (2010). Aftereffects for face attributes with different natural variability: Children are more adaptable than adolescents. *Cognitive Development*, 25, 278–289. doi:10.1016/j.cogdev.2010.01.002
- Hills, P. J., & Lewis, M. (2011). The own-age face recognition bias in children and adults. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 64, 17–23. doi:10.1080/17470218.2010.537926
- Hintzman, D. L. (1986). "Schema abstraction" in a multiple-trace memory model. *Psychological Review*, 93, 411–428. doi:10.1037/0033-295X.93.4.411

- Hodsoll, J., Quinn, K. A., & Hodsoll, S. (2010). Attentional prioritization of infant faces is limited to own-race infants. *PloS One*, 5(9), 1–5. doi:10.1371/journal.pone.0012509
- Hoffman, D. D., & Richards, W. a. (1984). Parts of recognition. *Cognition*, 18, 65–96. doi:10.1016/0010-0277(84)90022-2
- Hönekopp, J. (2006). Once more: is beauty in the eye of the beholder? Relative contributions of private and shared taste to judgments of facial attractiveness. *Journal of Experimental Psychology. Human Perception and Performance*, 32, 199–209. doi:10.1037/0096-1523.32.2.199
- Hopkins, B., & Van Wulfften Palthe, T. (1985). Staring in infancy. *Early Human Development*, 12, 261–267.
- Hoss, R. A., & Langlois, J. H. (2003). Infant prefer attractive faces. In O. Pascalis & A. M. Slater (Eds.), *The development of face processing in infancy and early childhood: Current perspectives* (pp. 27–38). Huntington, NY: Nova Science Publishers.
- Humphreys, K., & Johnson, M. H. (2007). The development of “face-space” in infancy. *Visual Cognition*, 15, 578–598. doi:10.1080/13506280600943518
- Hunnius, S., & Geuze, R. H. (2004). Gaze shifting in infancy: A longitudinal study using dynamic faces and abstract stimuli. *Infant Behavior and Development*, 27, 397–416. doi:10.1016/j.infbeh.2004.02.003
- Ichikawa, H., Kanazawa, S., & Yamaguchi, M. K. (2011). The movement of internal facial features elicits 7 to 8-month-old infants’ preference for face patterns, 474(January), 464–474. doi:10.1002/icd
- Jacoby, L. L., Kelley, C., & Dywan, J. (1989). Memory attributions. In H. L. Roediger & C. F. I. M. (Eds.), *Varieties of memory and consciousness: Essays in honour of Endel Tulving* (pp. 391–422). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Johnson, M. H. (2005). Subcortical face processing. *Nature Reviews. Neuroscience*, 6, 766–774. doi:10.1038/nrn1766
- Johnson, M. H., Bolhuis, J. J., & Horn, G. (1985). Interaction between acquired preferences and developing predispositions during imprinting. *Animal Behaviour*, 33, 1000–1006. doi:10.1016/S0003-3472(85)80034-8
- Johnson, M. H., Dziurawiec, S., Ellis, H., & Morton, J. (1991). Newborns’ preferential tracking of face-like stimuli and its subsequent decline. *Cognition*, 40, 1–19. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1786670>
- Johnson, M. H., Senju, A., & Tomalski, P. (2014). The two-process theory of face processing: Modifications based on two decades of data from infants and adults. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 50, 169–179. doi:10.1016/j.neubiorev.2014.10.009

- Johnston, R. A., & Ellis, H. D. (1995). Age effects in the processing of typical and distinctive faces. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 48, 447–465. doi:10.1080/14640749508401399
- Jones, D., & Hill, K. (1993). Criteria of facial attractiveness in five populations. *Human Nature*, 4, 271–296. doi:10.1007/BF02692202
- Jones, G., & Smith, P. K. (1984). The eyes have it: Young children's discrimination of age in masked and unmasked facial photographs. *Journal of Experimental Child Psychology*, 38, 328–337. doi:10.1016/0022-0965(84)90129-2
- Jones, R., Slade, P., Pascalis, O., & Herbert, J. S. (2013). Infant interest in their mother's face is associated with maternal psychological health. *Infant Behavior and Development*, 36, 686–693. doi:10.1016/j.infbeh.2013.07.002
- Kanwisher, N., McDermott, J., & Chun, M. M. (1997). The fusiform face area: a module in human extrastriate cortex specialized for face perception. *The Journal of Neuroscience : The Official Journal of the Society for Neuroscience*, 17, 4302–4311. doi:10.1098/Rstb.2006.1934
- Kanwisher, N., & Yovel, G. (2006). The fusiformface area: a cortical region specialized for the perception of faces. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. B: Biological Sciences*, 361, 2109–2128. doi:10.1098/Rstb.2006.1934
- Keating, C. F., & Keating, G. E. (1982). Visual scan patterns of rhesus monkeys viewing faces. *Perception*, 11, 211–219.
- Kelly, D. J., Liu, S., Ge, L., Quinn, P. C., Slater, A. M., Liu, Q., ... Pascalis, O. (2007). Cross-race preferences for same-race faces extend beyond the African versus Caucasian contrast in 3-month-old infants. *Infancy*, 11, 87–95. doi:10.1080/15250000709336871
- Kelly, D. J., Liu, S., Lee, K., Quinn, P. C., Pascalis, O., Slater, A. M., & Ge, L. (2009). Development of the other-race effect during infancy: evidence toward universality? *Journal of Experimental Child Psychology*, 104, 105–114. doi:10.1016/j.jecp.2009.01.006
- Kelly, D. J., Quinn, P. C., Slater, A. M., Lee, K., Ge, L., & Pascalis, O. (2007). The other-race effect develops during infancy: evidence of perceptual narrowing. *Psychological Science*, 18, 1084–1089. doi:10.1111/j.1467-9280.2007.02029.x
- Kelly, D. J., Quinn, P. C., Slater, A. M., Lee, K., Gibson, A., Smith, M., ... Pascalis, O. (2005). Three month olds, but not newborn, prefer own race face. *Developmental Science*, 8, 31–36. doi:10.1111/j.1467-7687.2005.0434a.x.
- Kisilevsky, S., Hains, S. M. J., Lee, K., Xie, X., Huang, H., Wang, Z., ... Zhang, K. (2003). effect of experience on fetal voice recognition. *Psychological Science*, 14(3), 220–224.
- Kleiner, K. A. (1987). Amplitude and phase spectra as indices of infants' pattern preferences. *Infant Behavior and Development*, 10, 49–59. doi:10.1016/S0163-6383(86)80205-3

- Kobayashi, H., & Koshima, S. (1997). Unique morphology of the human eye. *Nature*, 287, 289–292.
- Koda, H., Sato, A., & Kato, A. (2013). Is attentional prioritisation of infant faces unique in humans?: Comparative demonstrations by modified dot-probe task in monkeys. *Behavioural Processes*, 98, 31–36. doi:10.1016/j.beproc.2013.04.013
- Kovack-Lesh, K. A., Horst, J. S., & Oakes, L. M. (2008). The cat is out of the bag : The joint influence of previous experience and looking behavior on infant categorization. *Infancy*, 3, 285–307. doi:10.1080/15250000802189428
- Kramer, S., Zebrowitz, L. A., Giovanni, J. P. S., & Sherak, B. (1995). Infant preferences for attractiveness and babyfacedness. In B. G. Bardy, R. J. Bootsma, & Y. G. Guiard (Eds.), *Studies in perception & action III*.
- Krumhansl, C. L. (1978). Concerning the applicability of geometric models to similarity data: The interrelationship between similarity and spatial density. *Psychological Review*, 85, 445–463. doi:10.1037/0033-295X.85.5.445
- Kuefner, D., Macchi Cassia, V., Picozzi, M., & Bricolo, E. (2008). Do all kids look alike? Evidence for an other-age effect in adults. *Journal of Experimental Psychology. Human Perception and Performance*, 34, 811–7. doi:10.1037/0096-1523.34.4.811
- Kuraguchi, K., Taniguchi, K., & Ashida, H. (2015). The impact of baby schema on perceived attractiveness, beauty, and cuteness in female adults. *SpringerPlus*, (1). doi:10.1186/s40064-015-0940-8
- La Bruyère, J. de. (1688). Les caractères. In E. Michallet (Ed.), (p. 103).
- Langlois, J. H., Kalakanis, L., Rubenstein, A. J., Larson, A., Hallam, M., & Smoot, M. (2000). Maxims or myths of beauty? A meta-analytic and theoretical review. *Psychological Bulletin*, 126, 390–423. doi:10.1037//0033-2909.126.3.390
- Langlois, J. H., Ritter, J. J. M., Roggman, L. A., & Vaughn, L. S. (1991). Facial diversity and infant preferences for attractive faces. *Developmental Psychology*, 27, 79–84. Retrieved from <http://psycnet.apa.org/journals/dev/27/1/79/>
- Langlois, J. H., & Roggman, L. A. (1990). Attractive faces are only average. *Psychological Science*, 1, 115–121. doi:10.1111/j.1467-9280.1990.tb00079.x
- Langlois, J. H., Roggman, L. A., Casey, R. J., Ritter, J. M., Rieser-Danner, L. A., & Jenkins, V. Y. (1987). Infant preferences for attractive faces: Rudiments of a stereotype? *Developmental Psychology*, 23, 363–369. doi:10.1037/0012-1649.23.3.363
- Langlois, J. H., Roggman, L. A., & Musselman, L. (1994). what is average and what is not average about attractive faces. *Psychological Science*, 5, 214–220. doi:10.1111/j.1467-9280.1994.tb00503.x

- Le Grand, R., Mondloch, C. J., Maurer, D., & Brent, H. P. (2001). Early visual experience and face processing. *Nature*, *410*, 890. Retrieved from http://www.kpu.ca/sites/default/files/downloads/LeGrand_et_al_20011301.pdf
- Le Grand, R., Mondloch, C. J., Maurer, D., & Brent, H. P. (2003). Expert face processing requires visual input to the right hemisphere during infancy. *Nature Neuroscience*, *6*, 1108–1112. doi:10.1038/nn1121
- Le Grand, R., Mondloch, C. J., Maurer, D., & Brent, H. P. (2004). Impairment in holistic face processing following early visual deprivation. *Psychological Science*, *15*, 762–768. doi:10.1111/j.0956-7976.2004.00753.x
- Leder, H., & Bruce, V. (2000). When inverted faces are recognized: the role of configural information in face recognition. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology. A, Human Experimental Psychology*, *53*, 513–536. doi:10.1080/713755889
- Leder, H., Candrian, G., Huber, O., & Bruce, V. (2001). Configural features in the context of upright and inverted faces. *Perception*, *30*, 73–83. doi:10.1068/p2911
- Leder, H., & Carbon, C.-C. (2006). Face-specific configural processing of relational information. *British Journal of Psychology*, *97*(Pt 1), 19–29. doi:10.1348/000712605X54794
- Lee, K., Anzures, G., Quinn, P. C., Pascalis, O., & Slater, A. M. (2011). Development of Face Processing Expertise. In A. Calder, G. Rhodes, M. H. Johnson, & J. V Haxby (Eds.), *The Oxford handbook of face perception* (pp. 753–778). Oxford, UK: Oxford University Press.
- Lee, K. J., Byatt, G., & Rhodes, G. (2000). Caricature effects, distinctiveness, and identification: testing the face-space framework. *Psychological Science*, *11*, 379–385. doi:10.1111/1467-9280.00274
- Lehmann, V., Huis in't Veld, E. M. J., & Vingerhoets, A. J. J. M. (2013). The human and animal baby schema effect: correlates of individual differences. *Behavioural Processes*, *94*, 99–108. doi:10.1016/j.beproc.2013.01.001
- Leinbach, M. D., & Fagot, B. I. (1993). Categorical habituation to male and female faces: Gender schematic processing in infancy. *Infant Behavior and Development*, *16*, 317–332.
- Leonard, T. K., Blumenthal, G., Gothard, K. M., & Hoffman, K. L. (2012). How macaques view familiarity and gaze in conspecific faces. *Behavioral Neuroscience*, *126*, 781–791. doi:10.1037/a0030348
- Levin, D. T. (1996). Classifying faces by race: The structure of face categories. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *22*, 1364–1382. doi:10.1037/0278-7393.22.6.1364
- Lewis, M. B. (2004). Face-space-R: Towards a unified account of face recognition. *Visual Cognition*, *11*, 29–69. doi:10.1080/13506280344000194

- Lewis, M. B., & Johnston, R. A. (1997). The Thatcher illusion as a test of configural disruption. *Perception*, 26, 225–227. doi:10.1068/p260225
- Lewis, M. B., & Johnston, R. A. (1998). Understanding caricatures of faces. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 51, 321–346. doi:10.1080/713755758
- Lewis, M. B., & Johnston, R. A. (1999). A unified account of the effects of caricaturing faces. *Visual Cognition*, 6, 1–41. doi:10.1080/713756800
- Lewis, M., & Brooks, J. (1975). Infants' social perception: A constructivist view. In L. B. Cohen & P. Salapatek (Eds.), *Infant perception: From sensation to cognition* (pp. 101–148). New York: Academic Press.
- Lewkowicz, D. J. (2011). The biological implausibility of the nature-nurture dichotomy & what it means for the study of infancy. *Infancy*, 16, 331–367. doi:10.1111/j.1532-7078.2011.00079.x
- Light, L. L., Kayra-Stuart, F., & Hollander, S. (1979). Recognition memory for typical and unusual faces. *Journal of Experimental Psychology. Human Learning and Memory*, 5, 212–228. doi:10.1037/0278-7393.5.3.212
- Little, A. C. (2012). Manipulation of infant-Like traits affects perceived cuteness of infant, adult and cat faces. *Ethology*, 118, 775–782. doi:10.1111/j.1439-0310.2012.02068.x
- Little, A. C. (2014). Domain specificity in human symmetry preferences: Symmetry is most pleasant when looking at human faces. *Symmetry*, 6, 222–233. doi:10.3390/sym6020222
- Little, A. C., DeBruine, L. M., Jones, B. C., & Waitt, C. (2008). Category contingent aftereffects for faces of different races, ages and species. *Cognition*, 106, 1537–1547. doi:10.1016/j.cognition.2007.06.008
- Little, A. C., & Hancock, P. J. B. (2002). The role of masculinity and distinctiveness in judgments of human male facial attractiveness. *British Journal of Psychology*, 93, 451–464. doi:10.1348/000712602761381349
- Little, A. C., & Jones, B. C. (2003). Evidence against perceptual bias views for symmetry preferences in human faces. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 270, 1759–1763. doi:10.1098/rspb.2003.2445
- Little, A. C., Jones, B. C., & DeBruine, L. M. (2011). Facial attractiveness: evolutionary based research. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 366, 1638–1659. doi:10.1098/rstb.2010.0404
- Liu, S., Xiao, N. G., Quinn, P. C., Zhu, D., Ge, L., Pascalis, O., & Lee, K. (2015). Asian infants show preference for own-race but not other-race female faces: the role of infant caregiving arrangements. *Frontiers in Psychology*, 6, 1–8. doi:10.3389/fpsyg.2015.00593

- Liu, S., Xiao, W. S., Xiao, N. G., Quinn, P. C., Zhang, Y., Chen, H., ... Lee, K. (2015). Development of visual preference for own- versus other-race faces in infancy. *Developmental Psychology*, 51, 500–511. doi:10.1037/a0038835
- Lobmaier, J. S., Sprengelmeyer, R., Wiffen, B., & Perrett, D. I. (2010). Female and male responses to cuteness, age and emotion in infant faces. *Evolution and Human Behavior*, 31, 16–21. doi:10.1016/j.evolhumbehav.2009.05.004
- Lorenz, K. (1943). Die angeborenen Formen möglicher Erfahrung (The innate forms of experience). *Zeitschrift Für Tierpsychologie*, 5, 235–409.
- Luo, L. Z., Li, H., & Lee, K. (2011). Are children's faces really more appealing than those of adults? Testing the baby schema hypothesis beyond infancy. *Journal of Experimental Child Psychology*, 110, 115–124. doi:10.1016/j.jecp.2011.04.002
- Macchi Cassia, V. (2011). Age biases in face processing: the effects of experience across development. *British Journal of Psychology*, 102, 816–829. doi:10.1111/j.2044-8295.2011.02046.x
- Macchi Cassia, V., Bulf, H., Quadrelli, E., & Proietti, V. (2014). Age-related face processing bias in infancy: Evidence of perceptual narrowing for adult faces. *Developmental Psychobiology*, 56, 238–248. doi:10.1002/dev.21191
- Macchi Cassia, V., Kuefner, D., Picozzi, M., & Vescovo, E. (2009). Early experience predicts later plasticity for face processing: evidence for the reactivation of dormant effects. *Psychological Science*, 20, 853–859. doi:10.1111/j.1467-9280.2009.02376.x
- Macchi Cassia, V., Luo, L., Pisacane, A., Li, H., & Lee, K. (2014). How race and age experiences shape young children's face processing abilities. *Journal of Experimental Child Psychology*, 120, 87–101. doi:10.1016/j.jecp.2013.11.016
- Macchi Cassia, V., Picozzi, M., Kuefner, D., & Casati, M. (2009). Why mix-ups don't happen in the nursery: evidence for an experience-based interpretation of the other-age effect. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 62, 1099–1107. doi:10.1080/17470210802617654
- Macchi Cassia, V., Pisacane, A., & Gava, L. (2012). No own-age bias in 3-year-old children: more evidence for the role of early experience in building face-processing biases. *Journal of Experimental Child Psychology*, 113, 372–382. doi:10.1016/j.jecp.2012.06.014
- Macchi Cassia, V., Proietti, V., & Pisacane, A. (2013). Early and later experience with one younger sibling affects face processing abilities of 6-year-old children. *International Journal of Behavioral Development*, 37, 160–165. doi:10.1177/0165025412469175
- Macchi Cassia, V., Turati, C., & Simion, F. (2004). Can a nonspecific bias toward top-heavy patterns explain newborns' face preference? *Psychological Science*, 15, 379–383. doi:10.1111/j.0956-7976.2004.00688.x

- Machado, C. J., & Bachevalier, J. (2003). Non-human primate models of childhood psychopathology: The promise and the limitations. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 44, 64–87. doi:10.1111/1469-7610.00103
- Mareschal, D., & French, R. M. (2000). Mechanisms of categorization in infancy. *Infancy*, 1, 59–76. doi:10.1207/S15327078IN0101
- Mareschal, D., French, R. M., & Quinn, P. C. (2000). A connectionist account of asymmetric category learning in early infancy. *Developmental Psychology*, 36, 635–645. doi:10.1037/0012-1649.36.5.635
- Mareschal, D., & Quinn, P. C. (2001). Categorization in infancy. *Trends in Cognitive Sciences*, 5, 443–450. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11707383>
- Mareschal, D., Quinn, P. C., & French, R. M. (2002). Asymmetric interference in 3- to 4-month-olds' sequential category learning. *Cognitive Science*, 26, 377–389. doi:10.1016/S0364-0213(02)00062-9
- Mark, L. S., Pittenger, J. B., Hines, H., Carello, C., Shaw, R. E., & Todd, J. T. (1980). Wrinkling and head shape as coordinated sources of age-level information. *Perception & Psychophysics*, 27(2), 117–124. doi:10.3758/BF03204298
- Mark, L. S., Shapiro, B. A., & Shaw, R. E. (1986). Structural support for the perception of growth. *Journal of Experimental Psychology. Human Perception and Performance*, 12, 149–159. doi:10.1037/0096-1523.12.2.149
- Marlier, L., & Schaal, B. (2005). Human newborns prefer human milk: Conspecific milk odor is attractive without postnatal exposure. *Child Development*, 76, 155–168. doi:10.1111/j.1467-8624.2005.00836.x
- Matsuzawa, M., & Shimojo, S. (1997). Infants' fast saccades in the gap paradigm and development of visual attention. *Infant Behavior and Development*, 20(4), 449–455. doi:10.1016/S0163-6383(97)90035-7
- Maurer, D., Le Grand, R., & Mondloch, C. J. (2002). The many faces of configural processing. *Trends in Cognitive Sciences*, 6, 255–260. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12039607>
- Maurer, D., & Werker, J. F. (2014). Perceptual narrowing during infancy: a comparison of language and faces. *Developmental Psychobiology*, 56, 154–178. doi:10.1002/dev.21177
- Maurer, D., & Young, R. E. (1983). Newborn's following of natural and distorted arrangements of facial features. *Infant Behavior and Development*, 6(1), 127–131. doi:10.1016/S0163-6383(83)80018-6
- McCall, R. B., & Kennedy, C. B. (1980). Attention of 4-month infants to discrepancy and babyishness. *Journal of Experimental Child Psychology*, 29, 189–201. doi:10.1016/0022-0965(80)90015-6

- McCarthy, G., Puce, A., Gore, J. C., & Allison, T. (1997). Face-specific processing in the human fusiform gyrus. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 9, 605–610. doi:10.1162/jocn.1997.9.5.605
- McClelland, J. L., & Rumelhart, D. E. (1985). Distributed memory and the representation of general and specific information. *Journal of Experimental Psychology. General*, 114, 159–197. doi:10.1037/0096-3445.114.2.159
- McKone, E., Crookes, K., Jeffery, L., & Dilks, D. D. (2012). A critical review of the development of face recognition: experience is less important than previously believed. *Cognitive Neuropsychology*, 29(1-2), 174–212. doi:10.1080/02643294.2012.660138
- McKone, E., Kanwisher, N., & Duchaine, B. C. (2007). Can generic expertise explain special processing for faces? *Trends in Cognitive Sciences*, 11, 8–15. doi:10.1016/j.tics.2006.11.002
- McKone, E., & Robbins, R. A. (2011). Are faces special? In A. J. Calder, M. G. Rhodes, M. H. Johnson, & J. V Haxby (Eds.), *Oxford handbook of face perception* (1st ed., pp. 149–176). Oxford, UK: Oxford University Press.
- McKone, E., & Yovel, G. (2009). Why does picture-plane inversion sometimes dissociate perception of features and spacing in faces, and sometimes not? Toward a new theory of holistic processing. *Psychonomic Bulletin & Review*, 16, 778–797. doi:10.3758/PBR.16.5.778
- Mealey, L., Bridgstock, R., & Townsend, G. C. (1999). Symmetry and perceived facial attractiveness: a monozygotic co-twin comparison. *Journal of Personality and Social Psychology*, 76, 151–158. doi:10.1037/0022-3514.76.1.151
- Méary, D., Mermillod, M., & Pascalis, O. (2014). Binocular correlation model of face preference: How good, how simple? *Developmental Science*, (17), 827–830. doi:10.1111/desc.12201
- Medin, D. L., & Schaffer, M. M. (1978). Context theory of classification learning. *Psychological Review*, 85, 207–238. doi:10.1037/0033-295X.85.3.207
- Meissner, C. a., & Brigham, J. C. (2001). Thirty years of investigating the own-race bias in memory for faces: A meta-analytic review. *Psychology, Public Policy, and Law*, 7, 3–35. doi:10.1037/1076-8971.7.1.3
- Meltzoff, A. N. (2005). Imitation and Other Minds: The “Like Me” Hypothesis. In S. Hurley and N. Chater (Eds.) (Ed.), *Perspectives on Imitation: From Neuroscience to Social Science* (MIT Press., Vol. 2, pp. 55–77). Cambridge.
- Meltzoff, A. N. (2007). “Like me”: a foundation for social cognition. *Developmental Science*, 10, 126–134.
- Meltzoff, A. N., & Moore, M. K. (1977). Imitation of facial and manual gestures by human neonates. *Science*, 198, 75–78.

- Meltzoff, A. N., & Moore, M. K. (1983). Newborn infants imitate adult facial gesture. *Child Development*, 54, 702–709. doi:10.2307/1130058
- Mermillod, M., French, R. M., Quinn, P. C., & Mareschal, D. (2004). The importance of long-term memory in infant perceptual categorization. In *Proceedings of the 25th annual conference of the Cognitive Science Society* (pp. 804–809). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Mondloch, C. J., Le Grand, R., & Maurer, D. (2002). Configural face processing develops more slowly than featural face processing. *Perception*, 31, 553–566. doi:10.1068/p3339
- Mondloch, C. J., Lewis, T. L., Budreau, D. R., Maurer, D., Dannemiller, J. L., Stephens, B. R., & Kleiner-Gathercoal, K. A. (1999). Face perception during early infancy. *Developmental Science*, 10, 419–422. doi:10.1111/1467-9280.00179
- Monin, B. (2003). The warm glow heuristic: when liking leads to familiarity. *Journal of Personality and Social Psychology*, 85, 1035–1048. doi:10.1037/0022-3514.85.6.1035
- Montepare, J. M., & McArthur, L. A. Z. (1986). The influence of facial characteristics on children's age perceptions. *Journal of Experimental Child Psychology*, 42, 303–314. doi:10.1016/0022-0965(86)90028-7
- Morton, J., & Johnson, M. H. (1991). CONSPEC and CONLERN: a two-process theory of infant face recognition. *Psychological Review*, 98, 164–181.
- Myowa-Yamakoshi, M., Kawakita, Y., Okanda, M., & Takeshita, H. (2011). Visual experience influences 12-month-old infants' perception of goal-directed actions of others. *Developmental Psychology*, 47(4), 1042–9. doi:10.1037/a0023765
- Nelson, C. A. (2001). The development and neural bases of face recognition. *Infant and Child Development*, 10, 3–18. doi:10.1002/icd.239
- Nishimura, M., Maurer, D., & Gao, X. (2009). Exploring children's face-space: A multidimensional scaling analysis of the mental representation of facial identity. *Journal of Experimental Child Psychology*, 103, 355–375. doi:10.1016/j.jecp.2009.02.005
- Nosofsky, R. M. (1986). Attention, similarity, and the identification-categorization relationship. *Journal of Experimental Psychology. General*, 115, 39–61. doi:10.1037/0096-3445.115.1.39
- Nosofsky, R. M., & Johansen, M. K. (2000). Exemplar-based accounts of “multiple-system” phenomena in perceptual categorization. *Psychonomic Bulletin & Review*, 7, 375–402.
- O'Toole, A. J., Abdi, H., Deffenbacher, K. a., & Valentin, D. (1995). A perceptual learning theory of the information in faces. In T. Valentine (Ed.), *Cognitive and Computational Aspects of Face Recognition* (pp. 159–182). London: Routledge.
- O'Toole, A. J., Deffenbacher, K. A., Valentin, D., & Abdi, H. (1994). Structural aspects of face recognition and the other-race effect. *Memory & Cognition*, 22, 208–224. doi:10.3758/BF03208892

- Oakes, L. M., & Madole, K. L. (2000). The future of infant categorization research : A process-oriented approach. *Child Development*, 71, 119–126. doi:10.1111/1467-8624.00125
- Oakes, L. M., & Ribar, R. J. (2005). A comparison of infants' categorization in paired and successive presentation familiarization tasks. *Infancy*, 7, 85–98. doi:10.1207/s15327078in0701
- Otsuka, Y., Hill, H., Kanazawa, S., Yamaguchi, M. K., & Spehar, B. (2012). Perception of Mooney faces by young infants: the role of local feature visibility, contrast polarity, and motion. *Journal of Experimental Child Psychology*, 111, 164–179. doi:10.1016/j.jecp.2010.10.014
- Otsuka, Y., Konishi, Y., Kanazawa, S., Yamaguchi, M. K., Abdi, H., & O'Toole, A. J. (2009). Recognition of moving and static faces by young infants. *Child Development*, 80(4), 1259–1271. doi:10.1111/j.1467-8624.2009.01330.x
- Otsuka, Y., Motoyoshi, I., Hill, H. C., Kobayashi, M., Kanazawa, S., & Yamaguchi, M. K. (2013). Eye contrast polarity is critical for face recognition by infants. *Journal of Experimental Child Psychology*, 115, 598–606. doi:10.1016/j.jecp.2013.01.006
- Palmer, A. R., & Strobeck, C. (1986). Fluctuating asymmetry: measurement, analysis, patterns. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 391–421.
- Papesh, M. H., & Goldinger, S. D. (2010). A multidimensional scaling analysis of own- and cross-race face spaces. *Cognition*, 116, 283–288. doi:10.1016/j.cognition.2010.05.001
- Park, J., Shimojo, E., & Shimojo, S. (2010). Roles of familiarity and novelty in visual preference judgments are segregated across object categories. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 107, 14552–14555. doi:10.1073/pnas.1004374107/-/DCSupplemental.www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1004374107
- Parr, L. A. (2011). The inversion effect reveals species differences in face processing. *Acta Psychologica*, 138, 204–210. doi:10.1016/j.actpsy.2011.06.005
- Parr, L. A., Dove, T., & Hopkins, W. D. (1998). Why faces may be special: evidence of the inversion effect in chimpanzees. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 10, 615–622. doi:10.1162/089892998563013
- Parr, L. A., Winslow, J. T., & Hopkins, W. D. (1999). Is the inversion effect in rhesus monkeys face-specific? *Animal Cognition*, 2, 123–129. doi:10.1007/s100710050032
- Parsons, P. A. (1992). Fluctuating asymmetry: a biological monitor of environmental and genomic stress. *Heredity*, 68, 361–364. doi:10.1038/hdy.1992.51
- Pascalis, O., & Bachevalier, J. (1998). Face recognition in primates: A cross-species study. *Behavioural Processes*, 43, 87–96. doi:10.1016/S0376-6357(97)00090-9

- Pascalis, O., de Haan, M., & Nelson, C. A. (2002). Is face processing species-specific during the first year of life ? *Science*, 296, 1321–1323. doi:10.1126/science.1070223
- Pascalis, O., & De Schonen, S. (1994). Recognition memory in 3- to 4-day-old human neonates. *Neuroreport*, 5, 1721–1724. doi:10.1097/00001756-199409080-00008
- Pascalis, O., de Schonen, S., Morton, J., Deruelle, C., & Fabre-Grenet, M. (1995). Mother's face recognition by neonates: A replication and an extension. *Infant Behavior and Development*, 18, 79–85. doi:10.1016/0163-6383(95)90009-8
- Pascalis, O., & Kelly, D. J. (2009). The origins of face processing in humans: Phylogeny and ontogeny. *Perspectives on Psychological Science*, 4, 200–209. doi:10.1111/j.1745-6924.2009.01119.x
- Pascalis, O., Loevenbruck, H., Quinn, P. C., Kandel, S., Tanaka, J. W., & Lee, K. (2014). On the links among face processing, language processing, and narrowing during development. *Child Development Perspectives*, 8, 65–70. doi:10.1111/cdep.12064
- Pascalis, O., Petit, O., Kim, J. H., & Campbell, R. (1999). Picture perception in primates: the case of face perception. *Current Psychology of Cognition*, 18, 889–922.
- Pascalis, O., Scott, L. S., Kelly, D. J., Shannon, R. W., Nicholson, E., Coleman, M., & Nelson, C. A. (2005). Plasticity of face processing in infancy. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 102, 5297–5300. doi:10.1073/pnas.0406627102
- Paukner, A., Huntsberry, M. E., & Suomi, S. J. (2010). Visual discrimination of male and female faces by infant rhesus macaques. *Developmental Psychobiology*, 52, 54–61. doi:10.1002/dev.20412
- Penton-Voak, I. S., Pound, N., Little, A. C., & Perrett, D. I. (2006). Personality judgments from natural and composite facial images: More evidence for a “kernel of truth” in social perception. *Social Cognition*, 24, 607–640. doi:10.1521/soco.2006.24.5.607
- Perrett, D. I., Burt, D. M., Penton-Voak, I. S., Lee, K. J., Rowland, D. A., & Edwards, R. (1999). Symmetry and human facial attractiveness. *Evolution and Human Behavior*, 20, 295–307. doi:10.1016/S1090-5138(99)00014-8
- Perrett, D. I., Lee, K. J., Penton-Voak, I. S., Rowland, D. A., Yoshikawa, S., Burt, D. M., ... Akamatsu, S. (1998). Effects of sexual dimorphism on facial attractiveness. *Nature*, 394, 884–887. doi:10.1038/29772
- Pessoa, L., & Adolphs, R. (2010). Emotion processing and the amygdala: from a “low road” to “many roads” of evaluating biological significance. *Nature Reviews. Neuroscience*, 11, 773–782. doi:10.1038/nrn2920
- Pessoa, L., & Ungerleider, L. G. (2004). Neuroimaging studies of attention and the processing of emotion-laden stimuli. *Progress in Brain Research*, 144, 171–182. doi:10.1016/S0079-6123(03)14412-3

- Piepers, D. W., & Robbins, R. A. (2012). A review and clarification of the terms “holistic,” “configural,” and “relational” in the face perception literature. *Frontiers in Psychology*, 3(DEC), 1–11. doi:10.3389/fpsyg.2012.00559
- Pittenger, J. B., & Shaw, R. E. (1975). Aging faces as viscal-elastic events: implications for a theory of nonrigid shape perception. *Journal of Experimental Psychology. Human Perception and Performance*, 1, 374–382. doi:10.1037/0096-1523.1.4.374
- Potter, T., & Corneille, O. (2008). Locating attractiveness in the face space: faces are more attractive when closer to their group prototype. *Psychonomic Bulletin & Review*, 15, 615–622. doi:10.3758/PBR.15.3.615
- Potter, T., Corneille, O., Ruys, K. I., & Rhodes, G. (2007). “Just another pretty face”: a multidimensional scaling approach to face attractiveness and variability. *Psychonomic Bulletin & Review*, 14, 368–372. doi:10.3758/BF03194079
- Proietti, V., Pisacane, A., & Macchi Cassia, V. (2013). Natural experience modulates the processing of older adult faces in young adults and 3-year-old children. *PloS One*, 8, e57499. doi:10.1371/journal.pone.0057499
- Proverbio, A. M., De Gabriele, V., Manfredi, M., & Adorni, R. (2011). No race effect (ORE) in the automatic orienting toward baby faces: When ethnic group does not matter. *Psychology*, 02, 931–935. doi:10.4236/psych.2011.29140
- Quinn, P. C. (1987). The categorical representation information. *Cognition*, 27, 145–179.
- Quinn, P. C. (2002). Category representation in young infants. *Current Directions in Psychological Science*, 11, 66–70.
- Quinn, P. C. (2008). In defense of core competencies, quantitative change, and continuity. *Child Development*, 79, 1633–1638. doi:10.1111/j.1467-8624.2008.01213.x
- Quinn, P. C. (2011). Born to categorize. In U. Goswami (Ed.), *The Wiley-Blackwell handbook of childhood cognitive development* (2nd ed., pp. 129–152). Oxford, UK: Wiley-Blackwell.
- Quinn, P. C., Conforto, A., Lee, K., O’Toole, A. J., Pascalis, O., & Slater, A. M. (2010). Infant preference for individual women’s faces extends to girl prototype faces. *Infant Behavior & Development*, 33, 357–360. doi:10.1016/j.infbeh.2010.03.001
- Quinn, P. C., & Eimas, P. D. (1996). Perceptual cues that permit categorical differentiation of animal species by infants. *Journal of Experimental Child Psychology*, 63, 189–211. doi:10.1006/jecp.1996.0047
- Quinn, P. C., & Eimas, P. D. (1998). Evidence for a global categorical representation of humans by young infants. *Journal of Experimental Child Psychology*, 174, 151–174.
- Quinn, P. C., Eimas, P. D., & Rosenkrantz, S. L. (1993). Evidence for representations of perceptually similar natural categories by 3-month-old and 4-month-old infants. *Perception*, 22, 463–475. doi:10.1068/p220463

- Quinn, P. C., Kelly, D. J., Lee, K., Pascalis, O., & Slater, A. M. (2008). Preference for attractive faces in human infants extends beyond conspecifics. *Developmental Science*, 11, 76–83. doi:10.1111/j.1467-7687.2007.00647.x
- Quinn, P. C., Lee, K., Pascalis, O., & Tanaka, J. W. (2015). Narrowing in categorical responding to other-race face classes by infants. *Developmental Science*, 1–10. doi:10.1111/desc.12301
- Quinn, P. C., & Slater, A. M. (2003). Face processing at birth and beyond. In O. Pascalis & A. M. Slater (Eds.), *The development of face processing in infancy and early childhood: Current perspectives* (pp. 3–11). Huntington, NY: Nova Science Publishers.
- Quinn, P. C., Slater, A. M., Brown, E., & Hayes, R. A. (2001). Developmental change in form categorization in early infancy. *British Journal of Developmental Psychology*, 19, 207–218. doi:10.1348/026151001166038
- Quinn, P. C., & Tanaka, J. W. (2009). Infants' processing of featural and configural information in the upper and lower halves of the face. *Infancy*, 14, 474–487. doi:10.1080/15250000902994248
- Quinn, P. C., Uttley, L., Lee, K., Gibson, A., Smith, M., Slater, A. M., & Pascalis, O. (2008). Infant preference for female faces occurs for same- but not other-race faces. *Journal of Neuropsychology*, 2, 15–26. doi:10.1348/174866407X231029
- Quinn, P. C., Yahr, J., Kuhn, A., Slater, A. M., & Pascalis, O. (2002). Representation of the gender of human faces by infants: a preference for female. *Perception*, 31, 1109–1121. doi:10.1068/p3331
- Ramsey, J. L., Langlois, J. H., Hoss, R. A., Rubenstein, A. J., & Griffin, A. M. (2004). Origins of a stereotype: Categorization of facial attractiveness by 6-month-old infants. *Developmental Science*, 7, 201–211. doi:10.1111/j.1467-7687.2004.00339.x
- Ramsey, J. L., Langlois, J. H., & Marti, N. C. (2005). Infant categorization of faces: Ladies first. *Developmental Review*, 25, 212–246. doi:10.1016/j.dr.2005.01.001
- Ramsey-Rennels, J. L., & Langlois, J. H. (2006). Infants' differential processing of female and male faces. *Current Directions in Psychological Science*, 15, 59–62. doi:10.1111/j.0963-7214.2006.00407.x
- Rankin, C. H., Abrams, T., Barry, R. J., Bhatnagar, S., Clayton, D. F., Colombo, J., ... Thompson, R. F. (2009). Habituation revisited: an updated and revised description of the behavioral characteristics of habituation. *Neurobiology of Learning and Memory*, 92, 135–138. doi:10.1016/j.nlm.2008.09.012
- Reber, R., & Schwarz, N. (1999). Effects of perceptual fluency on judgments of truth. *Consciousness and Cognition*, 8, 338–342. doi:10.1111/1467-9280.00008
- Reber, R., Schwarz, N., & Winkielman, P. (2004). Processing fluency and aesthetic pleasure: is beauty in the perceiver's processing experience? *Personality and Social Psychology*

Review : An Official Journal of the Society for Personality and Social Psychology, Inc, 8(4), 364–82. doi:10.1207/s15327957pspr0804_3

- Reber, R., Winkielman, P., & Schwarz, N. (1998). Effects of perceptual fluency on affective judgments. *Psychological Science*, 9, 45–48. Retrieved from <http://pss.sagepub.com/content/9/1/45.short>
- Reissland, N., Francis, B., Aydin, E., Mason, J., & Schaal, B. (2014). The development of anticipation in the fetus: A longitudinal account of human fetal mouth movements in reaction to and anticipation of touch. *Developmental Psychobiology*, 56, 955–963. doi:10.1002/dev.21172
- Rennels, J. L., & Davis, R. E. (2008). Facial experience during the first year. *Infant Behavior & Development*, 31, 665–678. doi:10.1016/j.infbeh.2008.04.009
- Repp, B. H. (1984). *Categorical perception: Issues, methods, findings*. (N. J. Lass, Ed.) *Speech and language: Advances in Basic Research and Practice* (Vol. 10). New York: Academic Press.
- Rhodes, G. (1988). Looking at faces: First-order and second-order features as determinants of facial appearance. *Perception*, 17, 43–63.
- Rhodes, G. (1996). *Superportraits: Caricatures and recognition*. Hove: Psychology Press.
- Rhodes, G. (2006). The evolutionary psychology of facial beauty. *Annual Review of Psychology*, 57, 199–226. doi:10.1146/annurev.psych.57.102904.190208
- Rhodes, G., Brake, S., & Atkinson, A. P. (1993). What's lost in inverted faces? *Cognition*, 47, 25–57. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8482070>
- Rhodes, G., Brennan, S., & Carey, S. (1987). Identification and ratings of caricatures: implications for mental representations of faces. *Cognitive Psychology*, 19, 473–497. doi:10.1016/0010-0285(87)90016-8
- Rhodes, G., Carey, S., Byatt, G., & Proffitt, F. (1998). Coding spatial variations in faces and simple shapes: A test of two models. *Vision Research*, 38, 2307–2321. doi:10.1016/S0042-6989(97)00470-7
- Rhodes, G., Chan, J., Zebrowitz, L. A., & Simmons, L. W. (2003). Does sexual dimorphism in human faces signal health? *Proceedings. Biological Sciences / The Royal Society*, 270, S93–S95. doi:10.1098/rsbl.2003.0023
- Rhodes, G., Geddes, K., Jeffery, L., Dziurawiec, S., & Clark, A. (2002). Are average and symmetric faces attractive to infants? Discrimination and looking preferences. *Perception*, 31, 315–321. doi:10.1068/p3129
- Rhodes, G., McArthur Zebrowitz, L. A., Clark, A., Kalick, S. M., Hightower, A., & McKay, R. (2001). Do facial averageness and symmetry signal health? *Evolution and Human Behavior*, 22, 31–46. doi:10.1016/S1090-5138(00)00060-X

- Rhodes, G., Sumich, A., & Byatt, G. (1999). Are average facial configurations attractive only because of their symmetry? *Psychological Science*, 10, 52–58. doi:10.1111/1467-9280.00106
- Rhodes, G., & Tremewan, T. (1994). Understanding face recognition: Caricature effects, inversion, and the homogeneity problem. *Visual Cognition*, 1, 275–311. doi:10.1080/13506289408402303
- Rhodes, M. G. (2009). Age estimation of faces: a review. *Applied Cognitive Psychology*, 23, 1–12. doi:10.1002/acp
- Rhodes, M. G., & Anastasi, J. S. (2012). The own-age bias in face recognition: A meta-analytic and theoretical review. *Psychological Bulletin*, 138, 146–174. doi:10.1037/a0025750
- Richard, J. F., Normandeau, J., Brun, V., & Maillet, M. (2004). Attracting and maintaining infant attention during habituation: Further evidence of the importance of stimulus complexity. *Infant and Child Development*, 13, 277–286. doi:10.1002/icd.
- Riesenhuber, M., Jarudi, I., Gilad, S., & Sinha, P. (2004). Face processing in humans is compatible with a simple shape-based model of vision. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 271 Suppl, 448–450. doi:10.1098/rsbl.2004.0216
- Righi, G., Westerlund, A., Congdon, E. L., Troller-Renfree, S., & Nelson, C. A. (2014). Infants' experience-dependent processing of male and female faces: Insights from eye tracking and event-related potentials. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 8, 144–152. doi:10.1016/j.dcn.2013.09.005
- Robbins, R. A., & McKone, E. (2007). No face-like processing for objects-of- expertise in three behavioural tasks. *Cognition*, 2, 322–330.
- Robbins, R. A., McKone, E., & Edwards, M. (2007). Aftereffects for face attributes with different natural variability: adapter position effects and neural models. *Journal of Experimental Psychology. Human Perception and Performance*, 33, 570–592. doi:10.1037/0096-1523.33.3.570
- Rogers, T. T., & McClelland, J. L. (2004). *Semantic cognition: A parallel distributed processing approach* (Vol. 425). Cambridge, MA: MIT Press.
- Rossion, B. (2008). Picture-plane inversion leads to qualitative changes of face perception. *Acta Psychologica*, 128, 274–289. doi:10.1016/j.actpsy.2008.02.003
- Rossion, B. (2009). Distinguishing the cause and consequence of face inversion: the perceptual field hypothesis. *Acta Psychologica*, 132, 300–312. doi:10.1016/j.actpsy.2009.08.002
- Rossion, B., & Boremanse, A. (2008). Nonlinear relationship between holistic processing of individual faces and picture-plane rotation: evidence from the face composite illusion. *Journal of Vision*, 8, 1–13. doi:10.1167/8.4.3

- Rossion, B., & Gauthier, I. (2002). How does the brain process upright and inverted faces? *Behavioral and Cognitive Neuroscience Reviews*, 1, 63–75. doi:10.1177/1534582302001001004
- Rubenstein, A. J., Kalakanis, L., & Langlois, J. H. (1999). Infant preferences for attractive faces: a cognitive explanation. *Developmental Psychology*, 35, 848–855. Retrieved from <http://psycnet.apa.org/journals/dev/35/3/848/>
- Sai, F. (2005). The role of the mother's voice in developing mother's face preference: Evidence for intermodal perception at birth. *Infant and Child Development*, 14, 29–50. doi:10.1002/icd.376
- Salomao, S. R., & Ventura, D. F. (1995). Large sample population age norms for visual acuities obtained with Vistech-Teller Acuity Cards. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 36, 657–670.
- Samuels, C. A., Butterworth, G., Roberts, T., Graupner, L., & Hole, G. (1994). Facial aesthetics: Babies prefer attractiveness to symmetry. *Perception*, 23, 823–831. doi:10.1068/p230823n
- Samuels, C. A., & Ewy, R. (1985). Aesthetic perception of faces during infancy. *British Journal of Developmental Psychology*, 3, 221–228. doi:10.1111/j.2044-835X.1985.tb00975.x
- Sanefuji, W., Ohgami, H., & Hashiya, K. (2005). Infants' preference for infants and adults. In *Proceedings of the 4th International Conference on Development and Learning, 2005*. Ieee. doi:10.1109/DEVLRN.2005.1490950
- Sanefuji, W., Ohgami, H., & Hashiya, K. (2006). Preference for peers in infancy. *Infant Behavior & Development*, 29, 584–593. doi:10.1016/j.infbeh.2006.07.007
- Sanefuji, W., Ohgami, H., & Hashiya, K. (2007). Development of preference for baby faces across species in humans (*Homo sapiens*). *Journal of Ethology*, 25, 249–254. doi:10.1007/s10164-006-0018-8
- Sanefuji, W., Wada, K., Yamamoto, T., Mohri, I., & Taniike, M. (2013). Development of preference for conspecific faces in human infants. *Developmental Psychology*, 50, 979–985. doi:10.1037/a0035205
- Sangrigoli, S., Pallier, C., Argenti, A.-M., Ventureyra, V. A. G., & De Schonen, S. (2005). Reversibility of the other-race effect in face recognition during childhood. *Psychological Science*, 16, 440–444. doi:10.1111/j.0956-7976.2005.01554.x
- Sato, A., Koda, H., Lemasson, A., Nagumo, S., & Masataka, N. (2012). Visual recognition of age class and preference for infantile features: implications for species-specific vs universal cognitive traits in primates. *PloS One*, 7, e38387. doi:10.1371/journal.pone.0038387
- Schöner, G., & Thelen, E. (2006). Using dynamic field theory to rethink infant habituation. *Psychological Review*, 113, 273–99. doi:10.1037/0033-295X.113.2.273

- Schwarzer, G., & Zauner, N. (2003). Face processing in 8-month-old infants: Evidence for configural and analytical processing. *Vision Research*, 43, 2783–2793. doi:10.1016/S0042-6989(03)00478-4
- Schwarzer, G., Zauner, N., & Jovanovic, B. (2007). Evidence of a shift from featural to configural face processing in infancy. *Developmental Science*, 10, 452–463. doi:10.1111/j.1467-7687.2007.00599.x
- Scott, L. S., & Monesson, A. (2009). The origin of biases in face perception. *Psychological Science*, 20, 676–680. doi:10.1111/j.1467-9280.2009.02348.x
- Scott, L. S., Pascalis, O., & Nelson, C. A. (2007). A domain-general theory of the development of perceptual discrimination. *Current Directions in Psychological Science*, 16, 197–201. doi:10.1111/j.1467-8721.2007.00503.x.A
- Searcy, J. H., & Bartlett, J. C. (1996). Inversion and processing of component and spatial-relational information in faces. *Journal of Experimental Psychology. Human Perception and Performance*, 22, 904–915. doi:10.1037/0096-1523.22.4.904
- Sekuler, A. B., Gaspar, C. M., Gold, J. M., & Bennett, P. J. (2004). Inversion leads to quantitative, not qualitative, changes in face processing. *Current Biology*, 14, 391–396. doi:10.1016/j.cub.2004.02.028
- Sekunova, A., & Barton, J. J. S. (2008). The effects of face inversion on the perception of long-range and local spatial relations in eye and mouth configuration. *Journal of Experimental Psychology. Human Perception and Performance*, 34, 1129–1135. doi:10.1037/0096-1523.34.5.1129
- Sergent, J. (1984). An investigation into component and configural processes underlying face perception. *British Journal of Psychology*, 75, 221–242. doi:10.1111/j.2044-8295.1984.tb01895.x
- Shannon, C., Champoux, M., & Suomi, S. J. (1998). Rearing condition and plasma cortisol in rhesus monkey infants. *American Journal of Primatology*, 46, 311–321. doi:10.1002/(SICI)1098-2345(1998)46:4<311::AID-AJP3>3.0.CO;2-L
- Shimojo, S., Simion, C., Shimojo, E., & Scheier, C. (2003). Gaze bias both reflects and influences preference. *Nature Neuroscience*, 6, 1317–1322. doi:10.1038/nn1150
- Simion, F., & Di Giorgio, E. (2015). Face perception and processing in early infancy: inborn predispositions and developmental changes. *Frontiers in Psychology*, 6, 1–11. doi:10.3389/fpsyg.2015.00969
- Simion, F., Macchi Cassia, V., Turati, C., & Valenza, E. (2003). Non-specific perceptual biases at the origins of face processing. In O. Pascalis & A. M. Slater (Eds.), *The development of face processing in infancy and early childhood: Current perspectives* (pp. 13–25). Huntington, NY: Nova Science Publishers.

- Simion, F., Valenza, E., Macchi Cassia, V., Turati, C., & Umiltà, C. (2002). Newborns' preference for up-down asymmetrical configurations. *Developmental Science*, 5, 427–434. doi:10.1111/1467-7687.00237
- Simion, F., Valenza, E., Umiltà, C., & Dalla Barba, B. (1998). Preferential orienting to faces in newborns: a temporal-nasal asymmetry. *Journal of Experimental Psychology. Human Perception and Performance*, 24, 1399–1405. doi:10.1037/0096-1523.24.5.1399
- Simpson, E. A., Varga, K., Frick, J. E., & Frigaszy, D. (2011). Infants experience perceptual narrowing for nonprimate faces. *Infancy*, 16, 318–328. doi:10.1111/j.1532-7078.2010.00052.x
- Sirois, S., & Mareschal, D. (2002). Models of habituation in infancy. *Trends in Cognitive Sciences*, 6(7), 293–298. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12110362>
- Slater, A. M., Bremner, J. G., Johnson, S. P., Sherwood, P., Hayes, R. A., & Brown, E. (2000). Newborn infants' preference for attractive faces: The role of internal and external facial features. *Infancy*, 1, 265–274. doi:10.1207/S15327078IN0102_8
- Slater, A. M., & Kirby, R. (1998). Innate and learned perceptual abilities in the newborn infant. *Experimental Brain Research*, 123, 90–94. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9835396>
- Slater, A. M., Mattock, A., Brown, E., & Bremner, J. G. (1991). Form perception at birth: Cohen and Younger (1984) revisited. *Journal of Experimental Child Psychology*, 51, 395–406. doi:10.1016/0022-0965(91)90084-6
- Slater, A. M., Quinn, P. C., Hayes, R., & Brown, E. (2000). The role of facial orientation in newborn infants' preference for attractive faces. *Developmental Science*, 3, 181–185. doi:10.1111/1467-7687.00111
- Slater, A. M., Quinn, P. C., Kelly, D. J., Lee, K., Longmore, C. A., McDonald, P. R., & Pascalis, O. (2010). The shaping of the face space in early infancy: becoming a native face processor. *Child Development Perspectives*, 4, 205–211. doi:10.1111/j.1750-8606.2010.00147.x
- Slater, A. M., Von der Schulenburg, C., Brown, E., Badenoch, M., Butterworth, G., Parsons, S., & Samuels, C. A. (1998). Newborn infants prefer attractive faces. *Infant Behavior and Development*, 21, 345–354. doi:10.1016/S0163-6383(98)90011-X
- Smith, L. B., & Jayaraman, S. (2014). Redundant constraints on human face perception. *Developmental Science*, 17, 826–827. doi:10.1111/desc.12200
- Smith, L. B., Yu, C., & Pereira, A. F. (2011). Not your mother's view: The dynamics of toddler visual experience. *Developmental Science*, 14, 9–17. doi:10.1111/j.1467-7687.2009.00947.x

- Solso, R. L., & McCarthy, J. E. (1981). Prototype formation of faces: A case of pseudo-memory. *British Journal of Psychology*, 72, 499–503. doi:10.1111/j.2044-8295.1981.tb01779.x
- Spangler, S. M., Schwarzer, G., Freitag, C., Vierhaus, M., Teubert, M., Fassbender, I., ... Keller, H. (2013). The other-race effect in a longitudinal sample of 3-, 6- and 9-month-old infants: evidence of a training effect. *Infancy*, 18, 516–533. doi:10.1111/j.1532-7078.2012.00137.x
- Sporer, S. L. (2001). Recognizing faces of other ethnic groups: An integration of theories. *Psychology, Public Policy, and Law*, 7, 36–97. doi:10.1037/1076-8971.7.1.36
- Sprengelmeyer, R., Perrett, D. I., Fagan, E. C., Cornwell, R. E., Lobmaier, J. S., Sprengelmeyer, A., ... Young, A. W. (2009). The cutest little baby face: a hormonal link to sensitivity to cuteness in infant faces. *Psychological Science*, 20, 149–154. doi:10.1111/j.1467-9280.2009.02272.x
- Statistics Canada. (2006). Visible minority population, by census metropolitan areas: 2006 Census: Kingston, Peterborough, Oshawa, Toronto, Hamilton. Retrieved from <http://www.statcan.gc.ca/tables-tableaux/sum-som/101/cst01/demo53c-eng.htm>
- Sternglanz, S. H., Gray, J. L., & Murakami, M. (1977). Adult preferences for infantile facial features: an ethological approach. *Animal Behaviour*, 25, 108–115. doi:10.1016/0003-3472(77)90072-0
- Stevenage, S. V. (1995). Can caricatures really produce distinctiveness effects? *British Journal of Psychology*, 86, 127–146. doi:10.1111/j.2044-8295.1995.tb02550.x
- Sugden, N. A., Mohamed-Ali, M. I., & Moulson, M. C. (2014). I spy with my little eye: Typical, daily exposure to faces documented from a first-person infant perspective. *Developmental Psychobiology*, 56, 249–261. doi:10.1002/dev.21183
- Sugita, Y. (2008). Face perception in monkeys reared with no exposure to faces. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 105, 394–398. doi:10.1073/pnas.0706079105
- Tanaka, J. W., & Farah, M. J. (1993). Parts and wholes in face recognition. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 46, 225–245. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8316637>
- Tanaka, J. W., Giles, M., Kremen, S., & Simon, V. (1998). Mapping attractor fields in face space: the atypicality bias in face recognition. *Cognition*, 68, 199–219.
- Tanaka, J. W., & Gordon, I. (2011). Features, configuration and holistic face processing. In A. Calder, G. Rhodes, M. H. Johnson, & J. V Haxby (Eds.), *The Oxford handbook of face perception* (pp. 177–194). Oxford, UK: Oxford University Press.
- Tarr, M. J., & Gauthier, I. (2000). FFA: a flexible fusiform area for subordinate-level visual processing automatized by expertise. *Nature Neuroscience*, 3, 764–769. doi:10.1038/77666

- Taylor, G., Slade, P., & Herbert, J. S. (2014). Infant face interest is associated with voice information and maternal psychological health. *Infant Behavior and Development*, 37, 597–605. doi:10.1016/j.infbeh.2013.07.002
- Thompson, P. (1980). Margaret thatcher: A new illusion. *Perception*, 9, 483–484. doi:10.1068/p090483
- Thompson, R. F. (2009). Habituation: a history. *Neurobiology of Learning and Memory*, 92, 127–134. doi:10.1016/j.nlm.2008.07.011
- Thompson-Booth, C., Viding, E., Mayes, L. C., Rutherford, H. J. V, Hodson, S., & McCrory, E. J. (2014). Here's looking at you, kid: Attention to infant emotional faces in mothers and non-mothers. *Developmental Science*, 17, 35–46. doi:10.1111/desc.12090
- Thornhill, R., & Gangestad, S. W. (1994). Human fluctuating asymmetry and sexual behavior. *Psychological Science*, 5, 297–302. doi:10.1111/j.1467-9280.1994.tb00629.x
- Thornhill, R., & Gangestad, S. W. (1999). Facial attractiveness. *Trends in Cognitive Sciences*, 3, 452–460. doi:10.1016/S1364-6613(99)01403-5
- Thornhill, R., & Møller, A. P. (1997). Developmental stability, disease and medicine. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society*, 72, 497–548. doi:10.1017/S0006323197005082
- Tiddeman, B., Burt, D. M., & Perrett, D. I. (2001). Prototyping and Transforming Facial Textures for. *IEEE Computer Graphics and Application*, 42–50.
- Todd, J. T., & Mark, L. S. (1981). Issues related to the prediction of craniofacial growth. *American Journal of Orthodontics*, 79, 63–80.
- Todd, J. T., Mark, L. S., Shaw, R. E., & Pittenger, J. B. (1980). The perception of human growth. *Scientific American*, 242, 132–134.
- Todorov, A., Said, C. P., Engell, A. D., & Oosterhof, N. N. (2008). Understanding evaluation of faces on social dimensions. *Trends in Cognitive Sciences*, 12, 455–460. doi:10.1016/j.tics.2008.10.001
- Tomonaga, M. (1994). How laboratory-raised Japanese monkeys (*Macaca fuscata*) perceive rotated photographs of monkeys: Evidence for an inversion effect in face perception. *Primates*, 35, 155–165. doi:10.1007/BF02382051
- Tottenham, N., Tanaka, J. W., Leon, A. C., McCarry, T., Nurse, M., Hare, T. A., ... Nelson, C. A. (2009). The NimStim set of facial expressions: Judgements from untrained research participants. *Psychiatry Research*, 168, 242–249. doi:10.1016/j.psychres.2008.05.006.
- Trujillo, L. T., Jankowitsch, J. M., & Langlois, J. H. (2014). Beauty is in the ease of the beholding: A neurophysiological test of the averageness theory of facial attractiveness. *Cognitive, Affective & Behavioral Neuroscience*, 14, 1061–76. doi:10.3758/s13415-013-0230-2

- Tsao, D. Y., Freiwald, W. A., Knutsen, T. A., Mandeville, J. B., & Tootell, R. B. H. (2003). Faces and objects in macaque cerebral cortex. *Nature Neuroscience*, 6, 989–995. doi:10.1038/nn1111
- Tsao, D. Y., Freiwald, W. A., Tootell, R. B. H., & Livingstone, M. S. (2006). A cortical region consisting entirely of face-selective cells. *Science*, 311, 670–674. doi:10.1126/science.1119983
- Tsao, D. Y., & Livingstone, M. S. (2008). Mechanisms of face perception. *Annual Review of Neuroscience*, 31, 411–437. doi:10.1146/annurev.neuro.30.051606.094238.Mechanisms
- Tsao, D. Y., Moeller, S., & Freiwald, W. a. (2008). Comparing face patch systems in macaques and humans. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 105, 19514–19519. doi:10.1073/pnas.0809662105
- Turati, C. (2004). Why faces are not special to newborns: an alternative account of the face preference. *Current Directions in Psychological Science*, 13, 5–8. doi:10.1111/j.0963-7214.2004.01301002.x
- Turati, C., Bulf, H., & Simion, F. (2008). Newborns' face recognition over changes in viewpoint. *Cognition*, 106, 1300–1321. doi:10.1016/j.cognition.2007.06.005
- Turati, C., Macchi Cassia, V., Simion, F., & Leo, I. (2006). Newborns' face recognition: Role of inner and outer facial features. *Child Development*, 77, 297–311. doi:10.1111/j.1467-8624.2006.00871.x
- Turati, C., Sangrigoli, S., Ruel, J., & de Schonen, S. (2004). Evidence of the face inversion effect in 4-month-old infants. *Infancy*, 6, 275–297. doi:10.1207/s15327078in0602_8
- Turati, C., Simion, F., Milani, I., & Umiltà, C. (2002). Newborns' preference for faces: what is crucial? *Developmental Psychology*, 38, 875–882. doi:10.1037/0012-1649.38.6.875
- Turk, M., & Pentland, A. (1991). Eigenfaces for recognition. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 3, 71–86. doi:10.1162/jocn.1991.3.1.71
- Valentine, T. (1988). Upside-down faces: a review of the effect of inversion upon face recognition. *British Journal of Psychology*, 79, 471–491. doi:10.1111/j.2044-8295.1988.tb02747.x
- Valentine, T. (1991). A unified account of the effects of distinctiveness, inversion, and race in face recognition. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 43, 161–204.
- Valentine, T. (2001). Face-space models of face recognition. In M. J. Wenger & J. T. Townsend (Eds.), *Computational, geometric, and process perspectives on facial cognition: Contexts and challenges*. (pp. 83–113). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Inc. doi:10.1006/jmps.1997.1193
- Valentine, T., & Bruce, V. (1986). The effect of distinctiveness in recognizing and classifying faces. *Perception*, 15, 525–535.

- Valentine, T., Darling, S., & Donnelly, M. (2004). Why are average faces attractive? The effect of view and averageness on the attractiveness of female faces. *Psychonomic Bulletin & Review*, 11, 482–487. doi:10.3758/BF03196599
- Valentine, T., & Endo, M. (1992). Towards an exemplar model of face processing: the effects of race and distinctiveness. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 44, 671–703. doi:10.1080/14640749208401305
- Valentine, T., Lewis, M. B., & Hills, P. J. (2015). Face-space: A unifying concept in face recognition research. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 1–24. doi:10.1080/17470218.2014.990392
- Valenza, E., Simion, F., Macchi Cassia, V., & Umiltà, C. (1996). Face preference at birth. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 22, 892–903.
- Van Belle, G., De Smet, M., De Graef, P., Van Gool, L., & Verfaillie, K. (2009). Configural and featural processing during face perception: a new stimulus set. *Behavior Research Methods*, 41, 279–283. doi:10.3758/BRM.41.2.279
- Van Duuren, M., Kendell-Scott, L., & Stark, N. (2003). Early aesthetic choices: Infant preferences for attractive premature infant faces. *International Journal of Behavioral Development*, 27, 212–219. doi:10.1080/01650250244000218
- Vokey, J. R., & Read, J. D. (1992). Familiarity, memorability, and the effect of typicality on the recognition of faces. *Memory & Cognition*, 20(3), 291–302. doi:10.3758/BF03199666
- Vuilleumier, P., Sagiv, N., Hazeltine, E., Poldrack, R. A., Swick, D., Rafal, R. D., & Gabrieli, J. D. (2001). Neural fate of seen and unseen faces in visuospatial neglect: a combined event-related functional MRI and event-related potential study. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 98, 3495–3500. doi:10.1073/pnas.051436898
- Waite, C., & Little, A. C. (2006). Preferences for symmetry in conspecific facial shape among *Macaca mulatta*. *International Journal of Primatology*, 27, 133–145. doi:10.1007/s10764-005-9015-y
- Walton, G., Bower, N., & Bower, T. (1992). Recognition of familiar faces by newborns. *Infant Behavior and Development*, 15, 265–269. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/016363839280027R>
- Walton, G., & Bower, T. (1993). Newborns form “prototypes” in less than 1 minute. *Psychological Science*, 4(3), 203–206. Retrieved from <http://pss.sagepub.com/content/4/3/203.short>
- Ward, C. D., & Cooper, R. P. (1999). A lack of evidence in 4-month-old human infants for paternal voice preference. *Developmental Psychobiology*, 35, 49–59. doi:10.1002/(SICI)1098-2302(199907)35:1<49::AID-DEV7>3.0.CO;2-3
- Weiss, D. J., Kralik, J. D., & Hauser, M. D. (2001). Face processing in cotton-top tamarins (*Saguinus oedipus*). *Animal Cognition*, 3, 191–205. doi:10.1007/s100710000076

- Werker, J. F., & Tees, R. C. (1999). Influences on infant speech processing: toward a new synthesis. *Annual Review of Psychology*, 50, 509–535. doi:10.1146/annurev.psych.50.1.509
- Whittlesea, B. W. A. (1993). Illusions of familiarity. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 19, 1235–1253. doi:10.1037/0278-7393.19.6.1235
- Whittlesea, B. W. A. (1997). Production, evaluation, and preservation of experiences: Constructive processing in remembering and performance tasks. In D. L. Medin (Ed.), *Psychology of learning and motivation* (pp. 211–264). New York: Academic Press.
- Whittlesea, B. W. A. (2002). False memory and the discrepancy-attribution hypothesis: the prototype-familiarity illusion. *Journal of Experimental Psychology. General*, 131, 96–115. doi:10.1037/0096-3445.131.1.96
- Whittlesea, B. W. A., Jacoby, L. L., & Girard, K. (1990). Illusions of immediate memory: Evidence of an attributional basis for feelings of familiarity and perceptual quality. *Journal of Memory and Language*, 29, 716–732. doi:10.1016/0749-596X(90)90045-2
- Wickham, L. H. V., Morris, P. E., & Fritz, C. O. (2000). Facial distinctiveness: Its measurement, distribution and influence on immediate and delayed recognition. *British Journal of Psychology*, 91, 99–123.
- Wiese, H., Komes, J., & Schweinberger, S. R. (2013). Ageing faces in ageing minds: A review on the own-age bias in face recognition. *Visual Cognition*, 21, 1337–1364.
- Wild, H. A., Barrett, S. E., Spence, M. J., O'Toole, A. J., Cheng, Y. D., & Brooke, J. (2000). Recognition and sex categorization of adults' and children's faces: examining performance in the absence of sex-stereotyped cues. *Journal of Experimental Child Psychology*, 77, 269–291. doi:10.1006/jecp.1999.2554
- Wilkinson, N., & Metta, G. (2014). Bilateral gain control; an “innate predisposition” for all sorts of things. *Frontiers in Neurobotics*, 8, 1–15. doi:10.3389/fnbot.2014.00009
- Wilkinson, N., Paikan, A., Gredebäck, G., Rea, F., & Metta, G. (2014). Staring us in the face? An embodied theory of innate face preference. *Developmental Science*, 1–17. doi:10.1111/desc.12159
- Winkielman, P., & Cacioppo, J. T. (2001). Mind at ease puts a smile on the face: psychophysiological evidence that processing facilitation elicits positive affect. *Journal of Personality and Social Psychology*, 81, 989–1000.
- Winkielman, P., Halberstadt, J., Fazendeiro, T., & Catty, S. (2006). Prototypes are attractive because they are easy on the mind. *Psychological Science*, 17, 799–806.
- Wright, D. B., & Stroud, J. N. (2002). Age differences in lineup identification accuracy: People are better with their own age. *Law and Human Behavior*, 26, 641–654. doi:10.1023/A

- Xiao, N. G., Perrotta, S., Quinn, P. C., Wang, Z., Sun, Y.-H. P., & Lee, K. (2014). On the facilitative effects of face motion on face recognition and its development. *Frontiers in Psychology*, 5(June), 1–16. doi:10.3389/fpsyg.2014.00633
- Xu, B., & Tanaka, J. W. (2013). Does face inversion qualitatively change face processing: an eye movement study using a face change detection task. *Journal of Vision*, 13, 1–16. doi:10.1167/13.2.22
- Xu, Y. (2005). Revisiting the role of the fusiform face area in visual expertise. *Cerebral Cortex*, 15, 1234–1242. doi:10.1093/cercor/bhi006
- Yin, R. K. (1969). Looking at upside-down faces. *Journal of Experimental Psychology*, 81, 141–145. doi:10.1037/h0027474
- Young, A. W., Hellawell, D., & Hay, D. C. (1987). Configurational information in face perception. *Perception*, 16, 747–59. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3454432>
- Younger, B. A., & Fearing, D. D. (1999). Parsing items into separate categories: developmental change in infant categorization. *Child Development*, 70, 291–303. doi:10.1111/1467-8624.00022
- Yovel, G., & Kanwisher, N. (2004). Face perception: Domain specific, not process specific. *Neuron*, 44, 889–898. doi:10.1016/j.neuron.2004.11.018
- Yue, X., Tjan, B. S., & Biederman, I. (2006). What makes faces special? *Vision Research*, 46, 3802–3811. doi:10.1016/j.biotechadv.2011.08.021.Secreted
- Zajonc, R. B. (1968). Attitudinal effects of mere exposure. *Journal of Personality and Social Psychology*, 9(2, Pt.2), 1–27. doi:10.1037/h0025848
- Zebrowitz, L. A., & Rhodes, G. (2004). Sensitivity to “Bad Genes” and the Anomalous Face Overgeneralization Effect: Cue Validity, Cue Utilization, and Accuracy in Judging Intelligence and Health. *Journal of Nonverbal Behavior*, 28, 167–185. doi:10.1023/B:JONB.0000039648.30935.1b

Annexe 1 : Publications et communications

Articles publiés ou acceptés :

Damon, F., Bayet, L., Quinn, P. C., Hillairet de Boisferon, A., Méary, D., Dupierriex, E., ... Pascalis, O. (2015). Can human eyes prevent perceptual narrowing for monkey faces in human infants? *Developmental Psychobiology*, 57, 637–642. doi:10.1002/dev.21319

Xiao W. S., Fu G., Quinn P. C., Sun Y-H., Xiao N. G., Wang Q., Chen G., Pascalis O., **Damon** F., & Lee K. (2014). The eye-size illusion: Psychophysical characteristics, generality, and relation to holistic processing. *Perception*. 43, 265–274. doi:10.1068/p7647

Simpson A. E., Jakobsen, K. V., **Damon** F., Suomi S. J., Ferrari P. F., Paukner A. (accepté). Face detection and the development of own-species bias in infant macaques. *Child Development*.

Articles soumis ou en révision :

Damon F., Quinn P.C., Heron-Delaney M., Lee K., & Pascalis O. (en révision) Category formation for faces differing by age in 9- to 12-month-old infants: an effect of experience with infant faces. *British Journal of Developmental Psychology*.

Damon F., Méary D., Quinn P. C., Bayet L., Heron-Delaney M, Lee K., & Pascalis O. (soumis). A preference for adult faces in newborns that is modulated by face race. *Infant Behavior and Development*.

Heron-Delaney M., **Damon** F., Méary D., Quinn P.C., Lee K., & Pascalis O. (en révision). An adult face bias in infant that is modulated by face race. *International Journal of Behavioral Development*.

Bayet L., **Damon** F., Méary D., Porcheron A., Russell R., & Pascalis O. (en révision) Sensitivity to contrast-enhanced facial features in human infants. *Perception*.

Articles en preparation:

Damon F., Quinn P.C., Lee K., & Pascalis O. (en préparation). When novelty prevails on familiarity: infants' preferences for child and infant faces.

Damon, F., Méary, D., Quinn, P. C., Lee, K., Simpson, E. A., Paukner, A., Suomi S. J., & Pascalis, O. (en préparation). Perception of facial attractiveness: Evidence for a common mechanism in human and macaque infants.

Communication orales et symposium:

Damon, F., Meary, D., Paukner, A., Simpson, E. A., Quinn, P. C., Lee, K., & Pascalis, O. (2015). The preference for attractive faces is driven by the distance to the prototype in human and macaque infants. *SRCD Pre-conference on face processing, Philadelphia, USA*.

Damon, F., Heron-Delaney, M., Quinn, P. C., Lee, K., & Pascalis, O. (2014). Age Bias in Infancy: a Role for Siblings? *ICIS, Development of Face Processing in Infancy: Multiple Levels of Environmental Influence, Berlin, Allemagne*.

Lee, K., Xiao, W., Fu, G., Quinn, P. C., Sun, Y., Xiao, N., Wang, Q., Chan, G., Pascalis, O., & Damon, F. (2014). The eye-size illusion: Psychophysical characteristics, generality, relation to holistic processing, and a role for visual experience. *VSS, St Pete Beach, USA*.

Damon, F., Heron-Delaney, M., Quinn, P. C., Lee, K., & Pascalis, O. (2013). Older siblings' influence, an effect on face preference in infancy. *GDR Neurosciences Cognitives du développement, Paris, France*.

Hillairet de Boisferon, A., Damon, F., Quinn, P. C., Lee, K., & Pascalis O. (2013). Familiarity effect on face preference. *SRCD 2013 Face processing Pre-conference, Seattle, USA*.

Communications affichées :

Damon F., Méary D., Porcheron A., & Pascalis O. (2015). Deciphering the time course of infant's visual attention. *SRCD Biennial Meeting, Philadelphia, USA*.

Damon F., Méary D., Heron-Delaney, M., Quinn P.C., Lee K., & Pascalis O. (2014). Modulation des préférences visuelles du nourrisson: rôle de l'expérience. *Journée scientifique de l'Ecole Doctorale Ingénierie pour la Santé, la Cognition et l'Environnement, Grenoble, France*. Prix du meilleur poster.

Méary D., Kelly, D. J., Damon F., Chauvin A., Guyader N., & Pascalis O. (2015). Where do 3- to 12-month-old infants gaze? *ICPS, Amsterdam, Hollande*.

Annexe 2 : Financement

Cette thèse a été financée par une allocation de recherche du Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche. Elle a été réalisée au sein du Laboratoire de Psychologie et NeuroCognition (CNRS UMR 5105) et de l'Ecole Doctorale Ingénierie pour la Santé, la Cognition, et l'Environnement.

Résumé

Le propos de ce travail de thèse est d'examiner le développement de la formation de catégories de visages, par l'étude des préférences visuelles des nourrissons dans la première année de vie. Nous avons cherché à préciser les mécanismes de formation des préférences visuelles en les intégrant dans le cadre théorique développé par Valentine (1991), le *face-space*. Nous avons proposé de lier ces préférences à la manière dont l'expérience perceptive des nourrissons avec différentes catégories de visages va structurer l'espace de représentation des visages. De manière générale, nous avons postulé que les nourrissons présenteront des préférences pour les visages proches de la tendance centrale (i.e., prototype) du *face-space*. Nous avons mis en évidence une tendance des nourrissons de 0 à 6 mois à présenter un biais pour des visages d'adultes par rapport à des visages de nourrissons (Etudes 1 et 2), les premiers correspondant à une catégorie de visages prépondérante de l'environnement des nourrissons, là où les seconds correspondent à une catégorie de visages peu rencontrée. Ce biais pour la familiarité s'est avéré disparaître à 9 et 12 mois (Etude 3). Ces préférences liées à la familiarité pourraient être liées à une forme de fausse reconnaissance du visage des proches des nourrissons, issue de la surreprésentation de ces visages dans le quotidien des nourrissons. Ce pattern de préférences n'a en revanche pas été retrouvé lorsque des nourrissons de 3 à 12 mois ont été confrontés à des visages d'enfants ou de nourrissons (Etudes 4 et 5), les résultats montrant plutôt une préférence pour les visages les moins familiers, relativement à l'expérience des nourrissons. Nous avons ensuite étudié les capacités de catégorisation de nourrissons de 9 et 12 mois pour des visages de différentes catégories d'âges, i.e., adulte, enfant, nourrisson (Etude 6). Les nourrissons de 12 mois ont formé des catégories discrètes des visages d'adultes et de nourrissons d'une part, et d'enfants et de nourrissons d'autre part. Les nourrissons de 9 mois en revanche ont montré un pattern plus asymétrique en ce qu'ils ont formé une représentation des visages d'enfants excluant un nouveau visage de nourrisson, et une représentation des visages de nourrissons incluant un nouveau visage d'enfant. Les nourrissons ayant tous une expérience de la crèche, donc des visages de nourrissons, cette asymétrie pourrait être liée à une influence de la connaissance de cette catégorie de visage. Dans une dernière étude (Etude 7) nous avons cherché à montrer plus directement le lien entre préférences visuelles et proximité par rapport au prototype, chez des nourrissons humains de 12 mois et des nourrissons macaques de 3 mois (*Macaca mulatta*). La mise en évidence de préférences liées à la distance par rapport au prototype chez ces deux populations suggère la présence d'un mécanisme commun aux deux espèces conduisant à la formation de préférences visuelles pour les visages.

Abstract

The purpose of this work is to examine of the development of face category formation using infants' visual preferences. We investigated the mechanisms leading to differential face preferences by integrating them in the theoretical framework developed by Valentine (1991), the *face-space*. We proposed that the way perceptual experience shape the structure of the *face-space* is a determinant of infants' face preferences. We postulated that faces close to the central tendency of the *face-space* (i.e., prototype) will be preferred. We first reported a bias to look more toward adult faces than infant faces from birth to 6 month of age (Studies 1 and 2). Adult faces correspond to a frequently encountered category while infant faces represent a less frequently encountered category. We also showed a downturn of this familiarity bias as infants grow older (Study 3). The preferences showed by younger infants might be linked to a form of false recognition of the caregivers' faces, due to the massive exposure to these faces. This pattern of preferences was not found in 3-to 12-month-olds presented with child and infant faces (Studies 4 and 5). Conversely, infants showed a tendency to prefer the less familiar faces, depending on their perceptual experience. We then studied 9- and 12-month-olds' abilities to form categories of faces differing by age, i.e., adult, child, and infant faces, (Study 6). Twelve-month-olds formed discrete categories of adult and infant faces in one hand, and of child and infants faces on the other hand. Nine month-olds showed an asymmetric pattern of behavior, forming categories of child faces that exclude a new infant face, and categories of infant faces that include a new child face. All these infants being exposed to infant faces via nursery, the asymmetry might stem from the influence of the knowledge of this category of faces. In the last study (Study 7), we tried to provide more direct evidences of the link between face preferences and the distance from the prototype in two different populations: 12-month-old human infants, and 3-month-old macaque infants (*Macaca mulatta*). Preferences for faces close to the prototype in both species suggest a common mechanism leading to face preferences.